



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

Programa de Maestría en Gestión de Energías

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

TEMA:

“Diagnóstico de la confiabilidad de servicio y su relación con el comportamiento eléctrico de los transformadores de distribución del alimentador Tambo, subestación Pelileo de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. (EEASA), durante el año 2016. Propuesta de repotenciación de centros de transformación, redes primarias y secundarias”

Trabajo presentado como requisito en opción al Grado Académico de Magíster en Gestión de Energías.

AUTOR:

GÓMEZ Cevallos, Juan Carlos
juanky_8282@hotmail.com

TUTOR:

Msc. FREIRE Martínez, Luigi Orlando

Latacunga – Ecuador

Noviembre – 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Ing. Juan Carlos Gómez Cevallos, con el título de tesis: “DIAGNÓSTICO DE LA CONFIABILIDAD DE SERVICIO Y SU RELACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DEL ALIMENTADOR TAMBO, SUBESTACIÓN PELILEO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A. (EEASA), DURANTE EL AÑO 2016. PROPUESTA DE REPOTENCIACIÓN DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN, REDES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Noviembre 2017

Para constancia firman:

.....
Ph.D. Secundino Marrero Ramírez
C.I. 175710790-7
PRESIDENTE

.....
Ph.D. Juan Mato Tamayo
C.I. 175694428-4
MIEMBRO

.....
MSc. Cristian Fabián Gallardo Molina
C.I. 050284769-2
MIEMBRO

.....
Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso
C.I. I712813
OPOSITOR

CERTIFICACIÓN DE VALIDACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor de la Maestría en Gestión de Energías, nombrado por el Honorable Consejo Académico de Posgrado.

CERTIFICO:

Que: Analizado el Proyecto de Tesis, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la investigación para optar por el grado de Magíster en Gestión de Energías.

El problema de la investigación se refiere a:

“DIAGNÓSTICO DE LA CONFIABILIDAD DE SERVICIO Y SU RELACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DEL ALIMENTADOR TAMBO, SUBESTACIÓN PELILEO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A. (EEASA), DURANTE EL AÑO 2016. PROPUESTA DE REPOTENCIACIÓN DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN, REDES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS”

Presentado por el señor ingeniero Juan Carlos Gómez Cevallos con C.I.: 1803609831

Sugiero su aprobación y permita continuar con los trámites correspondientes.

.....

Msc. Ing. FREIRE MARTÍNEZ, Luigi
CC. 0502529589

TUTOR

Latacunga, Noviembre de 2017

RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS

El proyecto de tesis de maestría denominado “DIAGNÓSTICO DE LA CONFIABILIDAD DE SERVICIO Y SU RELACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DEL ALIMENTADOR TAMBO, SUBESTACIÓN PELILEO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A. (EEASA), DURANTE EL AÑO 2016. PROPUESTA DE REPOTENCIACIÓN DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN, REDES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en las páginas correspondientes, cuya fuente se incorpora en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

En virtud de la declaración me responsabilizo del contenido, veracidad, alcance científico del proyecto de tesis, en mención.

Latacunga, Noviembre de 2017.

.....
Ing. Juan Carlos Gómez Cevallos

C.I. 1803609831

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la vida y brindarme la oportunidad de superar mis propios miedos y escalar una meta más en mi vida profesional.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y en especial al Departamento de postgrados por el apoyo brindado en la consecución del presente estudio.

A mis amados padres, hermanas y sobrina por impulsarme siempre y estar conmigo en todos los momentos de mi vida.

Y principalmente a mi esposa Erika Gabriela por todo el apoyo brindado durante todo el tiempo de estudio y alentarme siempre para llegar al final.

Juan Carlos

DEDICATORIA

A mi hijo Juan Martín que en medio de su corta edad e inocencia siempre con un abrazo, un beso y un par de palabras me alentó para concluir con éxito el presente trabajo, para ti y por ti hoy, mañana y siempre hijo mío.

Juan Carlos

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
CERTIFICACIÓN DE VALIDACIÓN DEL TUTOR	iii
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
Delimitación del problema	1
Formulación del problema	3
Objeto de estudio de la investigación	3
Campo de acción	3
Determinación de variables.....	3
Objetivo general de la investigación.....	3
Objetivos específicos	4
Hipótesis.....	4
Enfoque epistemológico	4
MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL.....	5
1.1. Introducción	5
1.2. Argumentación legal de las perturbaciones en las redes secundarias	5
1.3. Antecedentes.....	6
1.4. Aspectos teóricos fundamentales.....	8
1.4.1. Sistema eléctrico.....	8
1.4.1.1. Partes características de la red eléctrica	8
1.4.2. Redes de distribución	8
1.4.2.1. Redes en bucle y en sistema radial	10
1.4.2.2. Componentes de una red de distribución	13
1.4.2.3. Tipos de conexión en las redes de distribución	14
1.4.2.4. Perturbaciones en las redes de distribución.....	16

1.4.3.	Transformadores de distribución.....	17
1.4.3.1.	Tipos de transformadores de distribución	18
1.4.3.2.	Puesta a tierra de transformadores de distribución	19
1.4.4.	Características de la carga	20
1.4.4.1.	Carga instalada CI.....	20
1.4.4.2.	Demanda D (t)	21
1.4.4.3.	Curvas de carga diaria	21
1.4.4.4.	Tasa de crecimiento de la demanda	21
1.4.4.5.	Factor de demanda F_D	22
1.4.4.6.	Curvas de demanda máxima diversificada	22
1.4.4.7.	Curvas de demanda en transformadores de distribución.....	22
1.4.5.	Variables eléctricas examinadas en las redes de distribución	23
1.4.5.1.	Voltaje.....	23
1.4.5.2.	Corriente.....	23
1.4.5.3.	Flickers (Pst).....	24
1.4.5.4.	Distorsión armónica.....	24
1.4.5.5.	Distorsión armónica total en voltaje (THDV).....	25
1.4.5.6.	Factor de potencia.....	26
1.4.5.7.	Potencia Eléctrica	26
1.4.6.	Confiabilidad del servicio eléctrico	27
1.4.6.1.	Calidad del servicio.....	27
1.4.6.2.	Calidad del producto	28
1.4.6.3.	Calidad del servicio técnico	29
1.4.6.4.	Calidad del servicio comercial.....	29
1.4.6.5.	Clasificación de las cargas de acuerdo a la confiabilidad	29
1.4.6.6.	Responsabilidad y alcance	30
1.4.6.7.	Organismo competente.....	31
1.4.6.8.	Nivel de voltaje.....	31
1.4.6.9.	Perturbaciones de voltaje.....	31
1.4.6.10.	Factor de potencia según la Normativa	32
1.4.6.11	Índice de Calidad	32
1.4.6.12	Medición	32
	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 1	32
	CAPÍTULO 2.....	34

MATERIALES Y MÉTODOS	34
2.1. Introducción	34
2.2. Objeto de la Investigación	34
2.3. Área de influencia directa	34
2.4. Modalidad de la investigación	35
2.5. Métodos de investigación.....	35
2.6. Técnicas e instrumentos	36
2.6.1. Observación	36
2.6.1.1. Procedimiento.....	36
2.6.2. Software	37
2.6.3. Instrumentos de medición	38
2.7. Operacionalización de las variables	41
2.8. Procesamiento y análisis de la información.....	42
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 2	43
CAPÍTULO 3	44
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
3.1 Introducción	44
3.2 Sistema Eléctrico de la Empresa Eléctrica Ambato R.C.N.S.A.	44
3.3 Subestación de distribución Pelileo	47
3.3.1. Análisis de la demanda en la subestación Pelileo (kVA)	47
3.4. Evaluación de la calidad del producto en el alimentador Tambo	49
3.4.1. Variación de voltaje (V)	50
3.4.2 Análisis de carga	50
3.4.3. Puesta a tierra	52
3.4.4 Perturbaciones (Flicker).....	53
3.4.5. Distorsión Armónica Total de Voltaje (THDV)	54
3.4.6. Armónicos individuales de voltaje.....	55
3.4.7. Factor de potencia (fp)	55
3.4.8. Metodología para la determinación de parámetros críticos	56
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 3	57
CAPÍTULO 4	58
PROPUESTA	58
4.1. Introducción	58
4.2. Título de la propuesta.....	58

4.3. Justificación de la propuesta.....	58
4.4. Objetivo de la propuesta	58
4.6. Desarrollo de la propuesta	59
4.6.2. Procedimiento de diagnóstico de variables (kVA y Ω) que afectan a la calidad del producto	59
4.6.2.1. Mejoramiento de los niveles de carga de los transformadores del primario Tambo	59
4.6.2.1.1. Características de los transformadores de distribución a instalar.....	62
4.6.2.2. Corrección e instalación de puestas a tierra de los transformadores del primario Tambo	63
4.6.2.3. Mejoramiento del factor de potencia de los transformadores del primario Tambo	64
4.6.3. Valoración socioeconómica y ambiental de la propuesta.....	66
CONCLUSIONES GENERALES.....	68
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	72
Anexo 1. Fichas de observación – Libro de obra de transformadores alimentador Tambo	73
Anexo 2: Diagrama unifilar del sistema eléctrico de distribución de la subestación Pelileo de la EEASA	79
Anexo 3: Ficha de medición de cargabilidad en transformadores públicos del alimentador Tambo	80
Anexo 4: Análisis de transformadores sobrecargados del alimentador Tambo según la regulación CONELEC 004/01.....	91
Anexo 5: Análisis Económico.....	94

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1: Esquema de distribución en media y baja	10
Gráfico No. 2: Esquema en radial y en bucle de una red de distribución.....	11
Gráfico No. 3: Acometidas en paralelo o derivación.....	11
Gráfico No. 4: Conexión doble barra.....	12
Gráfico No. 5: Conexión en bucle abierto	12
Gráfico No. 6: Conexión en bucle cerrado	12
Gráfico No. 7: Conexión con fuentes de subestación. Inversión de redes	13
Gráfico No. 8: Sistema eléctrico	14
Gráfico No. 9: Red de distribución lineal.....	14
Gráfico No. 10: Red de distribución en anillos	15
Gráfico No. 11: Red de distribución en anillos múltiples	15
Gráfico No. 12: Causas de sobretensiones eléctricas.....	16
Gráfico No. 13: Influencia de las características de la carga en las redes.....	20
Gráfico No. 14: Triángulo de potencias activa P y aparente S en un caso de cargas lineales	26
Gráfico No. 15: Analizador de energía PowerPad Modelo 3945-	39
Gráfico No. 16: Registro e instalación de analizador de energía	40
Gráfico No. 17: Registro e instalación de telurómetro de pinza	41
Gráfico No. 18: Análisis de la demanda en la subestación Pelileo periodo Julio - Diciembre del 2016	47
Gráfico No. 19: Análisis de Variación de voltaje en los transformadores de distribución Alimentador Tambo.	50
Gráfico No. 20: Clasificación de los transformadores del primario Tambo de acuerdo al porcentaje de carga.....	51
Gráfico No. 21: Curvas de potencias obtenidas del transformador 9595 de 15 kVA del Alimentador Tambo, usando el software DataView	52
Gráfico No. 22: Puestas a tierra evaluadas en el alimentador Tambo	53
Gráfico No. 23: Resumen de Flicker (Pst) en el alimentador Tambo.....	54
Gráfico No. 24: Resumen de armónicos VTHD en el alimentador Tambo.....	54
Gráfico No. 25: Resumen del 3er. armónico individual de voltaje en el alimentador Tambo	55
Gráfico No. 26: Resumen del factor de potencia en el alimentador Tambo	56

Gráfico No. 27: Diagrama de Pareto	56
Gráfico No. 28: Repotenciación de centros de distribución públicos	61
Gráfico No. 29: Evaluación de puesta a tierra.....	63
Gráfico No. 30: Esquema de instalación de transformador de distribución y puesta a tierra	64
Gráfico No. 31: Transformadores con bajo factor de potencia, alta demanda y elevada resistencia de puesta tierra	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Transformadores de distribución voltajes y potencias comerciales ..	17
Tabla No. 2: Valores permitidos de resistencias de puesta a tierra en función de kVA del transformador	19
Tabla No. 3: Parámetros que rigen la calidad del servicio eléctrico.....	28
Tabla No. 4: Variables eléctricas que regulan la calidad del producto	29
Tabla No. 5: Parámetros evaluados por el software SISCP	37
Tabla No. 6: Variable independiente	41
Tabla No. 7: Variable dependiente	42
Tabla No. 8: Procesamiento de los datos de investigación.....	42
Tabla No. 9: Datos de la Empresa Eléctrica Ambato S.A (EEASA)	44
Tabla No. 10: Tabla de subestaciones de distribución de la EEASA.....	46
Tabla No. 11: Materiales para la instalación de transformadores de distribución y puestas a tierra.....	62
Tabla No. 12: Flujos netos anuales del proyecto.....	66

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. 1: Tasa de crecimiento de la demanda	22
Ecuación 1. 2: Tasa de crecimiento geométrico	22
Ecuación 1. 3: Distorsión armónica total	25
Ecuación 1. 4: Distorsión armónica total en voltaje THDV	25
Ecuación 1. 5: Factor de potencia	26
Ecuación 1. 6: Potencia activa	26
Ecuación 1. 7: Potencia aparente	27
Ecuación 1. 8: Potencia reactiva.....	27
Ecuación 1. 9: Potencia de distorsión.....	27
Ecuación 1. 10: Índice de calidad	32

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

“Diagnóstico de la confiabilidad de servicio y su relación con el comportamiento eléctrico de los transformadores de distribución del alimentador Tambo, subestación Pelileo de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. (EEASA), durante el año 2016. Propuesta de repotenciación de centros de transformación, redes primarias y secundarias”

Autor: Gómez Cevallos, Juan Carlos

Tutor: Msc. Ing. FREIRE, Luigi

RESUMEN

Esta investigación trata acerca de la problemática ocasionada por la incidencia del comportamiento eléctrico de los transformadores de distribución en la confiabilidad de servicio eléctrico del alimentador Tambo de la subestación Pelileo de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. (EEASA), durante el año 2016, estableciendo mediante la regulación CONELEC 004/01 vigente en el país así como también trabajos, artículos y revistas científicas referidas a la calidad de servicio técnico una adecuada evaluación del sistema eléctrico del alimentador en estudio. Mediante la investigación de campo y con la ayuda de equipos de medida como analizadores de energía, telurómetro de pinzas y software Siscp y Dataview se levantó la información de variables eléctricas como la potencia aparente, resistencia de puesta a tierra, voltaje, flicker, distorsión armónica en voltaje, factor de potencia estableciendo contacto directo con la realidad sin que exista manipulación de los datos. Los métodos usados fueron el deductivo e inductivo el primero utilizado a partir de principios generales para la medición de los parámetro a ser medidos y el segundo empezando desde el estudio particular de las variables eléctricas hasta determinar en forma general el comportamiento del alimentador en estudio, adicionalmente se realizó una valoración económica del costo de implementación de la propuesta del proyecto. Finalmente de los resultados obtenidos se estableció mediante un diagrama de Pareto que de los parámetros en estudio los niveles de carga de los transformadores de distribución, las puestas a tierra y el factor de potencia del primario Tambo son las variables más críticas a resolver con 59 centros de carga esto es un 17%

que requieren un reemplazo urgente, 259 puestas a tierra es decir un 76 % que incumplen la normativa y 20 transformadores identificados con bajo factor de potencia, mientras que en lo que respecta al análisis económico realizado, se determinó que para la implementación de la propuesta se requiere una inversión de 152 159,13 dólares, en tanto que los ingresos anuales por concepto de facturación a los usuarios del primario Tambo es de 275 673,60 dólares, considerando un 1% de incremento de clientes nuevos se realizó una proyección a diez años estableciendo un Valor Actual Neto (VAN) de 262 906,52 dólares y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 51%, valores que justifican la factibilidad del proyecto.

Palabras Claves: Transformadores de distribución, variables eléctricas, normativa, equipos de medida, confiabilidad.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
UNIT OF POSTGRADUATES
MASTERS IN ENERGY MANAGEMENT**

"Diagnosis of the service reliability and its relation with the electrical behavior of the distribution transformers of the Tambo feeder, Pelileo substation of Empresa Electrica Ambato S.A. (EEASA), during 2016. Proposed repowering of transformation centers, primary and secondary networks"

Author: Gómez Cevallos, Juan Carlos

Tutor: Msc. Ing. FREIRE, Luigi

ABSTRACT

This research study shows the problem caused by the incidence of the electrical behavior of the distribution transformers in the electrical service reliability of ‘Tambo’ feeder in Pelileo substation of ‘*Empresa Electrica Ambato S.A. (EEASA)*’, during the year 2016. It was established through CONELEC 004/01 current regulation in the country, as well as works, papers and scientific journals related to the quality of technical service an adequate evaluation of the electrical system of the feeder. Through the field research and the help of measurement equipment such as energy analyzers, clamp current sensor, Siscp and Dataview software, was possible to obtain the information of electrical variables such as apparent power, grounding resistance, voltage, flicker, harmonic distortion in voltage, power factor establishing direct contact with reality without a manipulation of data. The methodology was both deductive and inductive. The first method was used from general principles for the measurement of parameters and the second one from the particular study of the electrical variables in order to determine in general the behavior of the feeder. In addition, an economic evaluation regarding the cost of the project implementation was made. Finally, the results were established through a Pareto chart and they determined that primary Tambo has the most critical variables to be solved with 59 load centers. It means that a 17% requires an urgent replacement, 259 grounded that represents a 76% do not comply with the regulations and 20 transformers identified with low power factor. Furthermore, regarding the economic analysis, for the implementation of the proposal requires an investment of 152 159, 13 dollars. The annual income for billing concept to users of primary Tambo is 275 673, 60 dollars, considering 1% increase in new customers was made a projection to ten years establishing a Net present value (NPV) of 262 906,52

dollars and an Internal Rate of Return (IRR) of 51%, values that justify the feasibility of the project.

Keywords: Distribution transformers, electrical variables, regulations, measurement equipment, reliability.

INTRODUCCIÓN

Delimitación del problema

Las pérdidas de energía eléctrica debido a una baja confiabilidad de servicio son de magnitudes importantes en consecuencia, las empresas eléctricas requieren implementar alternativas que disminuyan sus pérdidas y garanticen adicionalmente su sustentabilidad financiera, en especial las debidas a fraude o manipulación por parte de los usuarios a los equipos de medición del consumo.

Según Sierra (2011):

“En los últimos diez años las compañías de servicio eléctrico a nivel mundial presentan desgastes importantes. Es un problema que en algunos casos alcanza el 30% en pérdidas, de la energía generada y no facturada, así como por el deterioro de equipos, daños a personas y bienes, además de reducir el plan de inversiones para el crecimiento del sector eléctrico”, (p.57).

Según Lima, L, Vásquez, C, Luna, M & Poletto, J (2007), manifiesta:

“Las pérdidas de energía en los países Latinoamericanos, como Perú, Panamá, Colombia, República Dominicana, Argentina, y otros, son millonarias. Esto lo evidencia la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico (AEE), empresa que pierde más de \$400 millones de dólares anuales. Luz y Fuerza de México (LFC), extinta empresa distribuidora de energía en la ciudad de México, contabiliza hasta un millón de conexiones fraudulentas, las cuales consumen el doble de lo correspondiente a las conexiones legales y en algunas zonas pierden hasta el 27% de lo facturado anualmente. Por otro lado, Unión Fenosa en Nicaragua pierde 30 millones de dólares al año por fraude con aproximadamente 300.000 conexiones fraudulentas”.

Consejo Nacional de electricidad (2002):

“En el Ecuador en el año 2000, las pérdidas totales de energía eléctrica en el Sistema Nacional Interconectado y Sistemas No Incorporados, esto es en el conjunto de líneas, subestaciones y redes, de las empresas eléctricas transmisora

y distribuidoras, fue del orden de 24,6 % respecto de la energía neta producida por el conjunto de centrales generadoras”, (p.22).

El Ministerio de Electricidad (2015) señala que:

“Las pérdidas en el Sistema Nacional de Transmisión, de propiedad de TRANSELECTRIC, constituido por líneas y subestaciones, fueron un 3,8 % respecto de la energía total transportada por ese sistema, o 3,3 % si se compara con el total de la energía neta generada al nivel del país”, (p.72).

Por otra parte, la Empresa Eléctrica Ambato (EEASA) distribuidora de energía principalmente en la provincia de Tungurahua, en los últimos diez años las pérdidas se han reducido en un 52%, por debajo del promedio nacional que le corresponde un 12,20% a diciembre de 2015. La EEASA se encuentra realizando permanentemente campañas de radio y televisión local, que pretenden concientizar el ahorro y uso eficiente de energía, propendiendo mejorar la calidad y confiabilidad del servicio eléctrico.

En la Empresa Eléctrica Ambato S.A. (EEASA), se puede evidenciar como problema principal la baja confiabilidad de servicio eléctrico ocasionado por el incremento de la demanda de los transformadores de distribución, este aumento súbito de potencia produce pérdidas técnicas debido a excesivas caídas de voltaje en conductores eléctricos combinado con la falta de puestas a tierra en los circuitos primarios y secundarios. Mientras que las pérdidas no técnicas afectan también la confiabilidad debido al hurto de energía y alteración de los sistemas de medida por parte de los usuarios del alimentador Tambo, Subestación Pelileo, durante el año 2016.

En consecuencia, las causas del incremento en la demanda de los transformadores de distribución, son ocasionadas principalmente por el incremento súbito de carga y robos de energía produciendo pérdidas económicas a la empresa distribuidora.

El no proveer una alternativa de solución para mitigar el incremento en la demanda de los transformadores de distribución originado por la baja confiabilidad de servicio eléctrico, ocasionará una considerable afectación técnica y económica a la empresa distribuidora incrementando las interrupciones de servicio eléctrico por averías en los diversos

elementos del sistema de distribución y consecuentemente las sanciones por parte de los organismos de control.

Por lo expuesto anteriormente, mediante la instalación de analizadores de calidad de energía eléctrica en los transformadores de distribución del alimentador Tambo subestación Pelileo de la EEASA, se obtendrá una base de datos que permitirá mediante el uso del software SSCP realizar un diagnóstico actual y una proyección a futuro del comportamiento de los centros de carga, proponiendo como alternativas de solución la repotenciación de los centros de transformación y redes de distribución primarias y secundarias.

Formulación del problema

¿Cómo incide el comportamiento eléctrico de los transformadores de distribución en la confiabilidad de servicio eléctrico del alimentador Tambo, subestación Pelileo de la Empresa Eléctrica Ambato S.A., durante el año 2016?

Objeto de estudio de la investigación

El objeto del presente estudio es el comportamiento eléctrico de los transformadores de distribución.

Campo de acción

Determinar la eficiencia y calidad de la energía eléctrica en el sistema de distribución del alimentador Tambo, mediante el registro de parámetros eléctricos exigidos por la regulación CONELEC 004/01.

Determinación de variables

En la investigación se establece como variable independiente: niveles de carga de los transformadores de distribución del alimentador Tambo, S/E Pelileo de la EEASA y variable dependiente: la confiabilidad de servicio eléctrico del alimentador, subestación y empresa distribuidora mencionada anteriormente.

Objetivo general de la investigación

Evaluar el comportamiento eléctrico de los transformadores de distribución mediante la instalación de analizadores de calidad de energía determinando la confiabilidad de

servicio eléctrico, repotenciando los centros de transformación y redes de distribución primarias y secundarias del alimentador Tambo, de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.

Objetivos específicos

- ✓ Estudiar la regulación vigente en el país así como también trabajos, artículos y revistas científicas referidas a la calidad de servicio eléctrico, con el objeto de realizar una adecuada evaluación del sistema eléctrico del alimentador en estudio.
- ✓ Registrar los diversos parámetros eléctricos establecidos por las normativas vigentes, mediante la instalación de analizadores de calidad de energía y telurómetro de pinzas en los transformadores de distribución públicos del alimentador Tambo, Subestación Pelileo, de la EEASA, durante el año 2016.
- ✓ Analizar la información recolectada por los equipos de medida, determinando así el comportamiento eléctrico actual del sistema de distribución del alimentador Tambo, lo cual permitirá identificar y proponer soluciones a las variables eléctricas que incumplen las exigencias de los organismos de control.
- ✓ Realizar un análisis económico del proyecto a través del cálculo del valor neto actual (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), estableciendo si la propuesta es o no factible.

Hipótesis

La evaluación del comportamiento eléctrico de los transformadores de distribución mediante la instalación de analizadores de calidad de energía, permitirá realizar una propuesta para mejorar la confiabilidad de servicio eléctrico, repotenciando los centros de transformación y redes de distribución primarias y secundarias del alimentador Tambo, de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.

Enfoque epistemológico

El proyecto recoge los principios del enfoque Cuantitativo – Cualitativo, cuantitativo porque se recogerán datos numéricos con el apoyo de los resultados obtenidos de la instalación de analizadores de calidad de energía y telurómetro de puesta a tierra y cualitativo porque estos resultados serán sometidos a interpretaciones con el apoyo de la base de datos generada y de la Regulación No. CONELEC 004/01. Los mismos que serán analizados para conocer la situación actual de la problemática presentada.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL

1.1. Introducción

El capítulo I, tiene como finalidad la descripción científica de las variables investigadas para conocer qué temas y subtemas se encuentran relacionados y pueden ser útiles para conocer que se busca investigar, iniciando con la revisión de la normativa legal concebida en la Regulación N° CONELEC - 004/01 que establece los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución, se revisa trabajos relacionados y finalmente se detallan los aspectos teóricos fundamentales donde se hace tratamiento de las redes de distribución, los componentes de una red de distribución, las perturbaciones en las redes de distribución, los transformadores de distribución, las características de la carga y las variables eléctricas examinadas en las redes de distribución, en base al criterio de varios autores expertos, la información servirá para la comprensión de los ejes estructurales del estudio.

1.2. Argumentación legal de las perturbaciones en las redes secundarias

La Constitución de la República del Ecuador (2008), en el Artículo 15 menciona que:

“El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto”.

El Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), estableció la Regulación N° CONELEC 004/01, normativa que establece los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras.

Según la Regulación No. CONELEC 004/001 (2001) resuelve que:

“La Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución emitida por el Directorio del Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC, considerando que es necesario asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos a que se refieren las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector

Eléctrico y sus reformas, el Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, el Reglamento de Concesiones, Permisos y Licencias para la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica, el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad y el Reglamento de Tarifas, dentro de los cuales se establece, en el parámetro número 2, referente a la Calidad de producto, con índices relacionados al nivel del voltaje, perturbaciones y factor de potencia mientras que en el parámetro 3, que hace referencia a la Calidad del Servicio Técnico, con índices de control, identificación, registro y clasificación de las interrupciones y en el parámetro 4, hace referencia a la calidad de servicio comercial”, (p. 1, 4, 10 y 18).

1.3. Antecedentes

En la búsqueda de información referente al tema de investigación, se ha encontrado el desarrollo de investigaciones como: **Análisis de Calidad de Energía Eléctrica en el "Nuevo Campus" de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS), de los autores Holguín, M & Gómez, D (2010)**, trabajo enfocado a realizar un estudio de Calidad de Energía Eléctrica en las instalaciones del “Nuevo Campus” de la UPS comprende el nivel y perturbaciones de voltaje y el factor de potencia dentro del área, realizando la investigación de parámetros necesarios para efectuar las mediciones con el analizador de redes FLUKE 435.

La conclusión de este trabajo manifiesta que los niveles de voltaje en todas las acometidas eléctricas de alimentación principal, se encuentran dentro de los límites admisibles por la norma NTC 1340, variación en los rangos +5% y 10% por consiguiente aceptables, así como en general el resto de parámetros eléctricos como niveles de corriente, magnitudes de potencias y frecuencia son aceptables en condiciones normales de operación, lo cual refleja un buen estado de la universidad en instalaciones eléctricas. Recomendando la instalación de filtros de armónicos con el propósito de compensar el flujo de potencia reactiva.

Otra investigación hace referencia al: **Análisis de Calidad y Estudio de Confiabilidad del Servicio Eléctrico en el Área de Distribución de la S/E Tena de la Empresa Eléctrica Ambato (EEASA) Zona Napo, del autor Baquero, J (2013)**, el autor manifiesta que con los archivos existentes y las bases de datos proporcionados por la EEASA, se procedió a determinar la potencia aparente (kVA) que sale fuera de servicio,

debido a la apertura de los seccionadores correspondientes con los que cuentan cada uno de los alimentadores que entregan energía a los usuarios de los tres cantones que son parte del área de concesión de la Empresa Eléctrica Ambato en la provincia de Napo, además se calculó los índices de confiabilidad y la energía no suministrada debido a las interrupciones provocadas en su mayoría por las condiciones propias de la zona.

La conclusión de este estudio determina que los índices de confiabilidad, particularmente en el sector urbano del cantón Tena, que en su mayor área es servido por el alimentador Jumandy, se encuentran dentro de los límites permitidos por la regulación CONELEC 004/01, mientras que el cantón Arosemena Tola, así como las parroquias de Puerto Napo y Misahualli suministradas de energía desde el alimentador Misahualli, presentan la mayor cantidad de problemas con respecto a la confiabilidad del suministro de energía en la provincia de Napo, por lo tanto el autor recomienda realizar un estudio de coordinación de protecciones de los distintos alimentadores, con la finalidad de que se tenga selectividad en ciertas fallas asociadas a tramos de los alimentadores y que permitan despejar la falla y estas no deriven en aperturas del totalizador en la S/E Tena.

Otra investigación trata la temática acerca de: **Localización de Fallas Mediante la Transformada Wavelet en Líneas de Transmisión de los autores Cruz, L, Carrión, D & Riofrio, A (2017)**, en el cual se menciona que el inconveniente en la delimitación de fallas es tan antiguo como la industria de la energía. Al comienzo, la ubicación de fallas en sistemas de transmisión era hecha directamente, a través de una inspección visual en la(s) línea(s). Al momento de inspeccionar una línea visualmente, inmediatamente sea por tierra o por aire, resulta siempre en un proceso extremadamente demoroso ya que está sujeto a circunstancias de la ubicación en campo y a las condiciones medioambientales del momento. Adicionalmente, la inspección visual no siempre garantiza que la falla será encontrada debido a que en muchos casos las fallas no dejan una evidencia física del suceso.

Los sistemas de transmisión mejor proyectados están sujetos a que ocurran acontecimientos impredecibles que pueden llevarlos fuera de los límites planeados. Cuando uno de estos disturbios ocurre en una línea, es necesario que los sistemas de protección y control tomen acciones para prevenir la degradación del sistema y lo restauren a un estado estable en el menor periodo de tiempo posible.

Adicionalmente se ha encontrado una investigación sobre: **Implementación de una Red Neuronal Artificial para la predicción de la Demanda Eléctrica a corto plazo, del autor Carrión, J (2017)**, en el cual menciona que pronosticar el consumo de energía eléctrica de carga diaria, genera ahorros de dinero considerables para las empresas suministradoras, por gastos de generación y operación. Por lo tanto, el costo de los errores de pronóstico pueden ser de tal magnitud que muchas investigaciones se han centrado en reducir al mínimo posible el error de pronóstico; convirtiéndose este tema en una parte integral de la planeación para las empresas de diversa índole y envergadura; que van desde la generación, transmisión y distribución hasta el consumo, requiriéndose de sistemas confiables de pronóstico.

1.4. Aspectos teóricos fundamentales

A continuación, los aspectos teóricos fundamentales que sirven de sustento científico para el análisis y sustentación de la temática de estudio:

1.4.1. Sistema eléctrico

Un sistema eléctrico según Trashorras (2013):

“Está formado principalmente por las centrales generadoras de energía eléctrica, las líneas de transporte de la electricidad que las mismas producen, las subestaciones de interconexión o reductoras (disminuir tensión), los centros de transformación y las instalaciones interiores o receptoras de esa energía eléctrica”.

Guirado R, Asensi,R, Jurado,F &. Carpio,J (2006) mencionan que:

“Un sistema eléctrico se define como el conjunto de instalaciones, conductores y equipos necesarios para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica”.

1.4.1.1. Partes características de la red eléctrica

Trashorras (2013) menciona que las distintas partes que intervienen en este proceso son: generación, transporte, distribución en alta tensión (AT), centros de transformación, distribución en baja tensión (BT), acometidas y medidores.

1.4.2. Redes de distribución

González, Pareja, & Terol (2013):

“Es el último paso del suministro eléctrico y lo componen las redes que conectan a los abonados con las estaciones transformadoras reductoras (ER). Desde los centros de transformación (CT), la red de distribución en baja tensión (BT) conecta con las instalaciones eléctricas de los usuarios a tensiones de 400 y 230 V”, (p. 34-35).

Trashorras (2013):

“Para que la energía eléctrica llegue desde la generación a los centros de consumo, se necesitan las llamadas redes de distribución en alta tensión y redes de distribución en baja tensión. Estas redes de distribución están formadas, principalmente, por líneas aéreas y subterráneas tanto de alta tensión (AT) como de baja tensión (BT) y por los centros de transformación.

En media tensión figuran las redes de distribución, tanto aéreas como subterráneas, las cuales llegan a los centros de transformación.

De aquí salen las redes en BT que también pueden ser aéreas o subterráneas y que finalizan en las acometidas”.

Estas redes pueden ser primarias o secundarias según González, Pareja, & Terol (2013):

- La red de distribución primaria de reparto o red de distribución en AT, enlaza una subestación transformadora (SET) con estaciones transformadoras de distribución (ETD) situadas en los grandes núcleos de población o industriales. La tensión es de 45 a 132 kV.
- La red de distribución secundaria o red de distribución en media tensión (MT) parte de las ETD hasta los centros de transformación (GT). La tensión es de 3 a 20 kV, (p. 35).

Distribución de la energía eléctrica

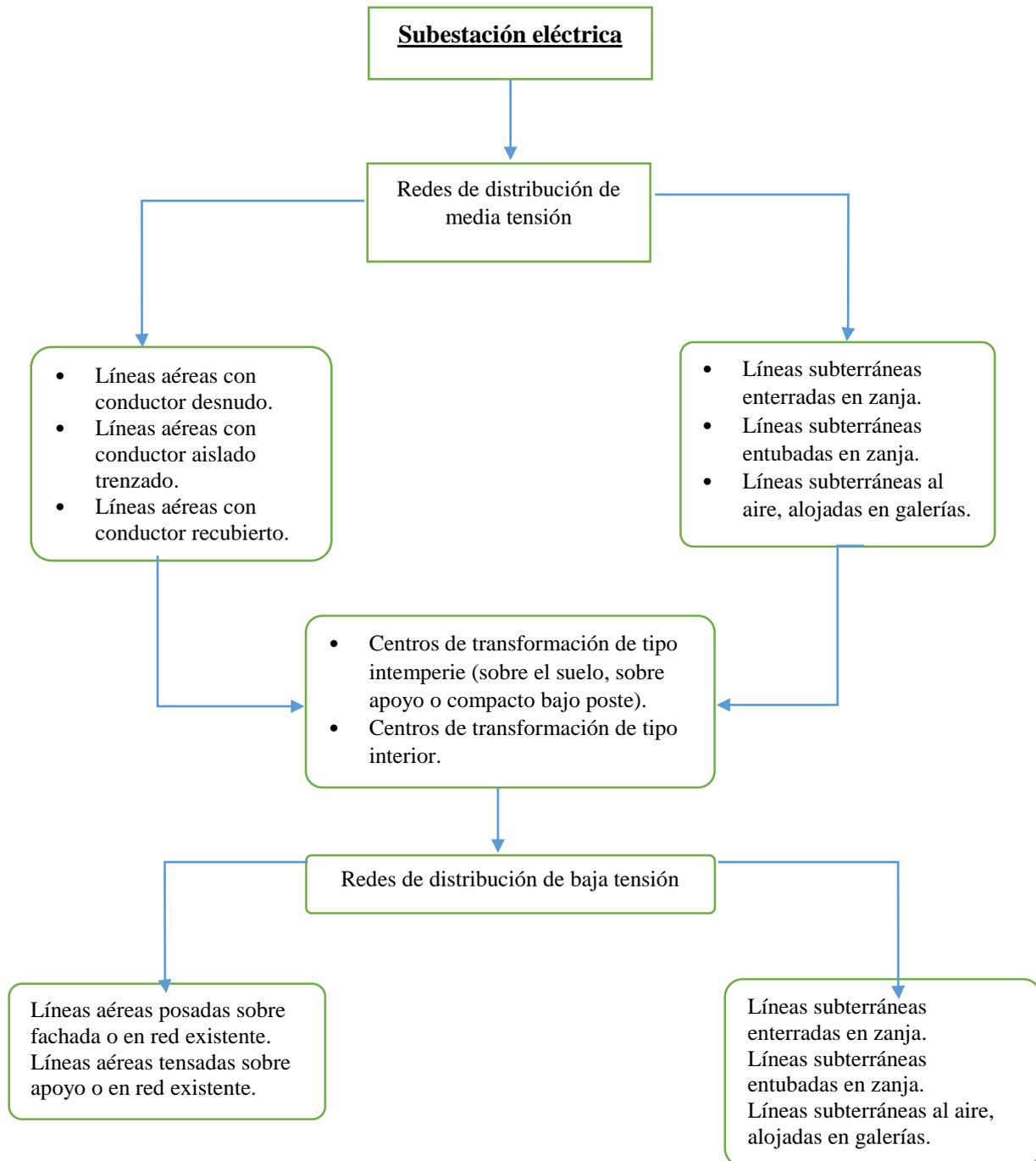


Gráfico No. 1: Esquema de distribución en media y baja

Fuente: Trashorras (2013)

1.4.2.1. Redes en bucle y en sistema radial

A continuación, se analizan los principales sistemas de distribución de la energía eléctrica, como puede ser el sistema bucle o el sistema radial.

Trashorras (2013), si el centro de transformación (CT) intercalado en la red se puede alimentar desde cualquiera de las ramas que lo acometen se dice que la red está en bucle o anillo y si no la red es radial o en punta.

En la siguiente figura se indica una red de distribución aérea de media tensión con sistema radial y en bucle abierto.

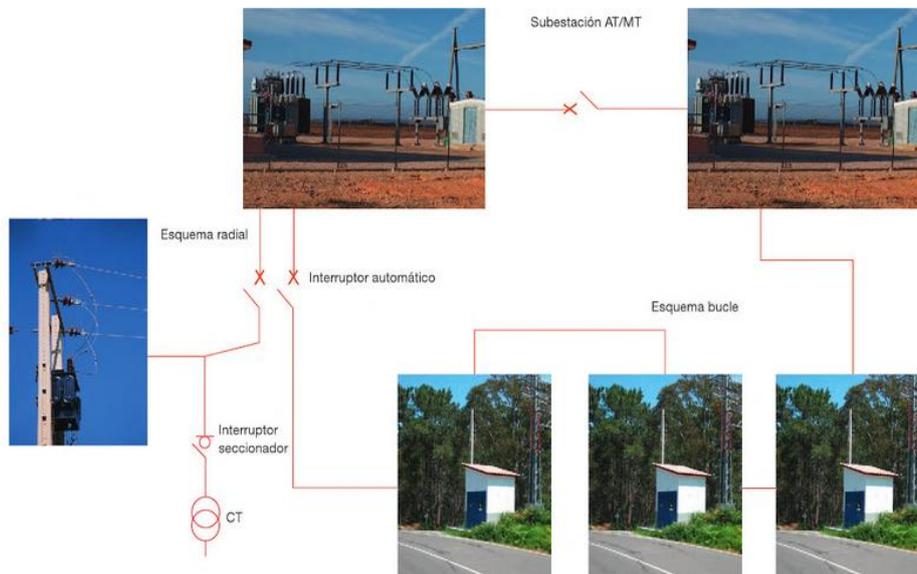


Gráfico No. 2: Esquema en radial y en bucle de una red de distribución

Fuente: Trashorras (2013)

Los distintos componentes de un sistema eléctrico se pueden organizar de diversas maneras:

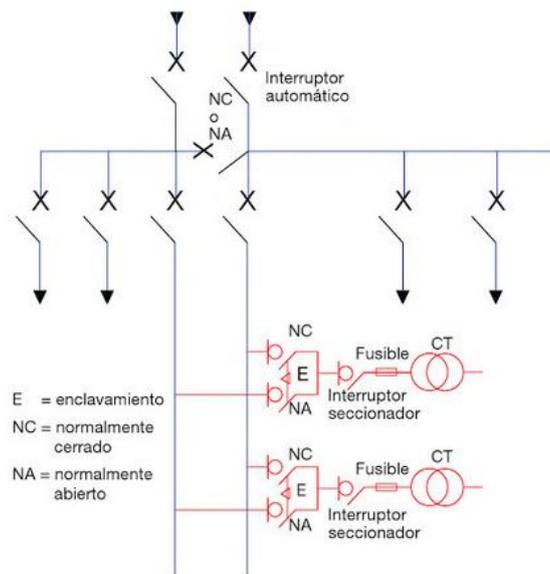


Gráfico No. 3: Acometidas en paralelo o derivación

Fuente: Trashorras (2013)

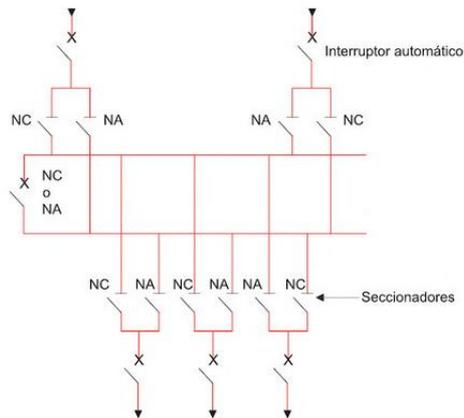


Gráfico No. 4: Conexión doble barra

Fuente: Trashorras (2013)

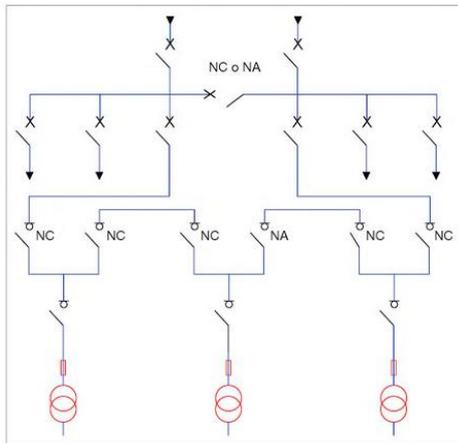


Gráfico No. 5: Conexión en bucle abierto

Fuente: Trashorras (2013)

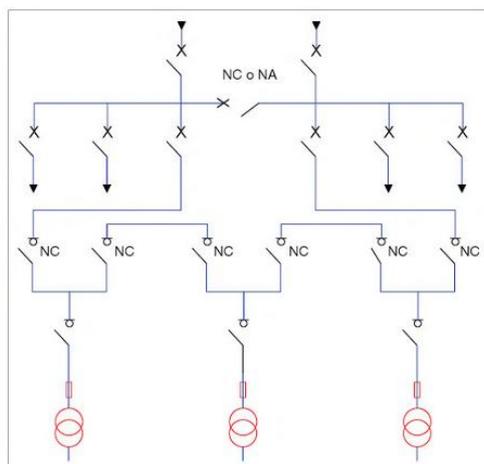


Gráfico No. 6: Conexión en bucle cerrado

Fuente: Trashorras (2013)

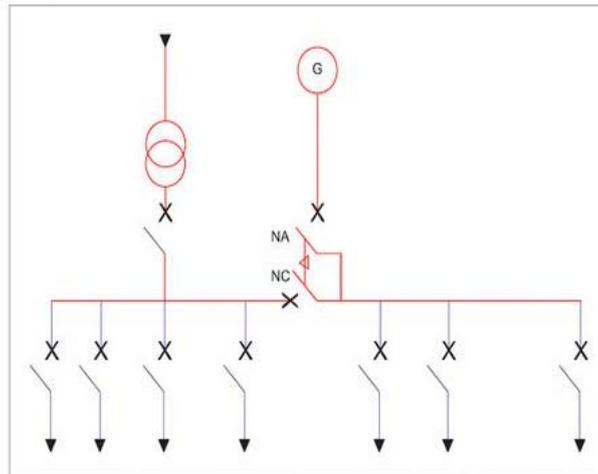


Gráfico No. 7: Conexión con fuentes de subestación. Inversión de redes

Fuente: Trashorras (2013)

1.4.2.2. Componentes de una red de distribución

Un sistema de energía eléctrico según Jiménez, Cantú & Conde (2006):

“Consta de varios elementos esenciales para que realmente la energía eléctrica tenga una utilidad en residencias, industrias, etc. Todo comienza cuando en las plantas generadoras de energía eléctrica de las cuales existen varias formas de generar la energía (plantas geotérmicas, nucleares, hidroeléctricas, térmicas, etc).

Después de ese proceso la energía creada se tiene que acondicionar de cierta manera para que en su transportación a los centros de consumo se tenga el mínimo de pérdidas de esa energía, y para eso está el proceso de elevación de voltaje.

Al transmitir la energía se tiene alta tensión o voltaje y menos corriente para que existan menores pérdidas en el conductor, ya que la resistencia varía con respecto a la longitud, y como estas líneas son demasiado largas las pérdidas de electricidad por calentamiento serían muy grandes.

Esa electricidad llega a los centros de distribución el cual estos ya envían la electricidad a los centros de consumo, donde estos reciben electricidad ya acondicionada de acuerdo a sus instalaciones ya sean 110, 127, 220 V, etc”(p.4).

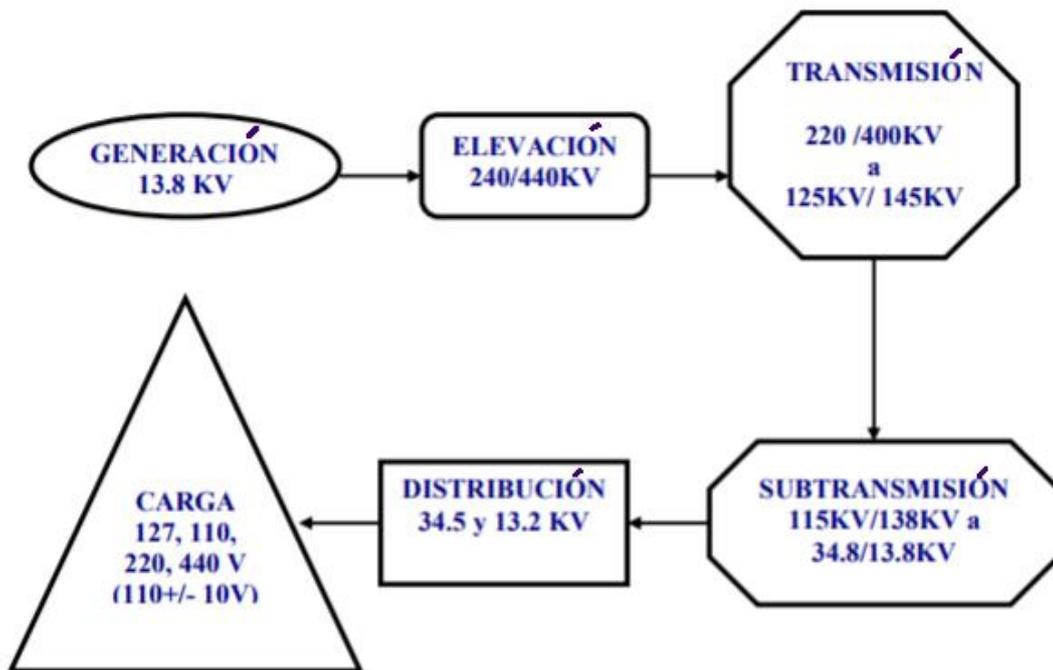


Gráfico No. 8: Sistema eléctrico

Fuente: Jiménez, Cantú & Conde (2006)

1.4.2.3. Tipos de conexión en las redes de distribución

El tipo de conexión dependerá de la superficie de la zona, de la potencia máxima prevista y del tipo de conexión a la red existente.

Red lineal

González, Pareja, & Terol (2013) “constituida por una línea de distribución en alta tensión (AT) alimentada por uno o por dos lados (alimentación doble) y por las líneas de distribución en baja tensión (BT) que se necesiten” (p. 39).

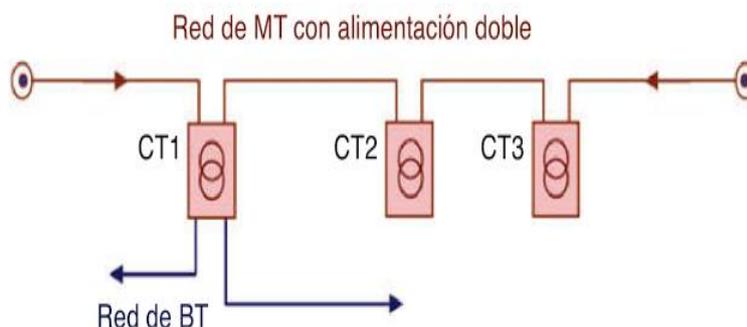


Gráfico No. 9: Red de distribución lineal

Fuente: González, Pareja, & Terol (2013)

Red en anillo

González, Pareja, & Terol (2013) “formada por una línea de distribución de AT, que se cierra sobre sí misma (configuración en anillo), y por sus correspondientes líneas de distribución en BT” (p. 39).

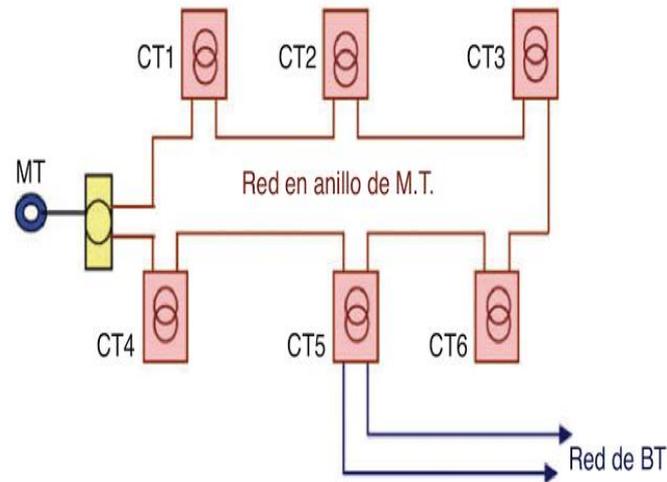


Gráfico No. 10: Red de distribución en anillos

Fuente: González, Pareja, & Terol (2013)

Red en anillos múltiples

González, Pareja, & Terol (2013) mencionan que:

“Consiste en una variación de la red en anillo. Está formada por varias redes conectadas a una subestación o centro de reparto cerradas en anillo. Cada anillo puede disponer de un número determinado de centros de transformación con sus correspondientes líneas de distribución en BT”, (p. 39).

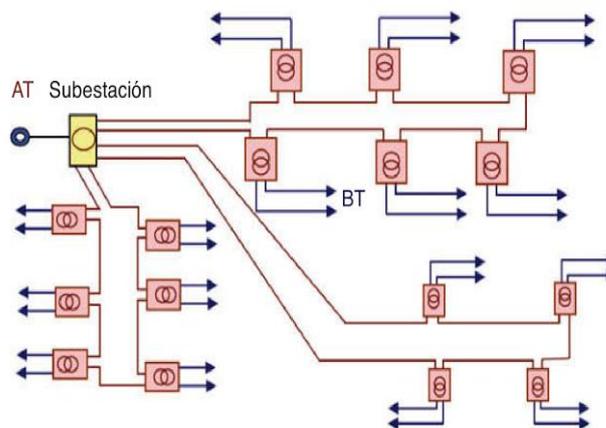


Gráfico No. 11: Red de distribución en anillos múltiples

Fuente: González, Pareja, & Terol (2013)

1.4.2.4. Perturbaciones en las redes de distribución

Se detallan una serie de perturbaciones como sobrecalentamientos, según Guerrero & Melero, (2012) esto es:

“El incremento de la temperatura de los transformadores por encima de lo normal se debe fundamentalmente a: Fallas internas y funcionamiento en sobrecarga durante un período prolongado.

Las temperaturas superiores a las de régimen normal de funcionamiento pueden provocar la degeneración de los aislamientos y, en consecuencia, la destrucción del transformador”.

García (2012), las sobrecargas o sobreintensidades “pueden ser de valor grande o de valor poco elevado; pero sostenido a lo largo de mucho tiempo. El mayor valor de sobrecarga se produce cuando existe un cortocircuito en la salida del secundario del transformador”.

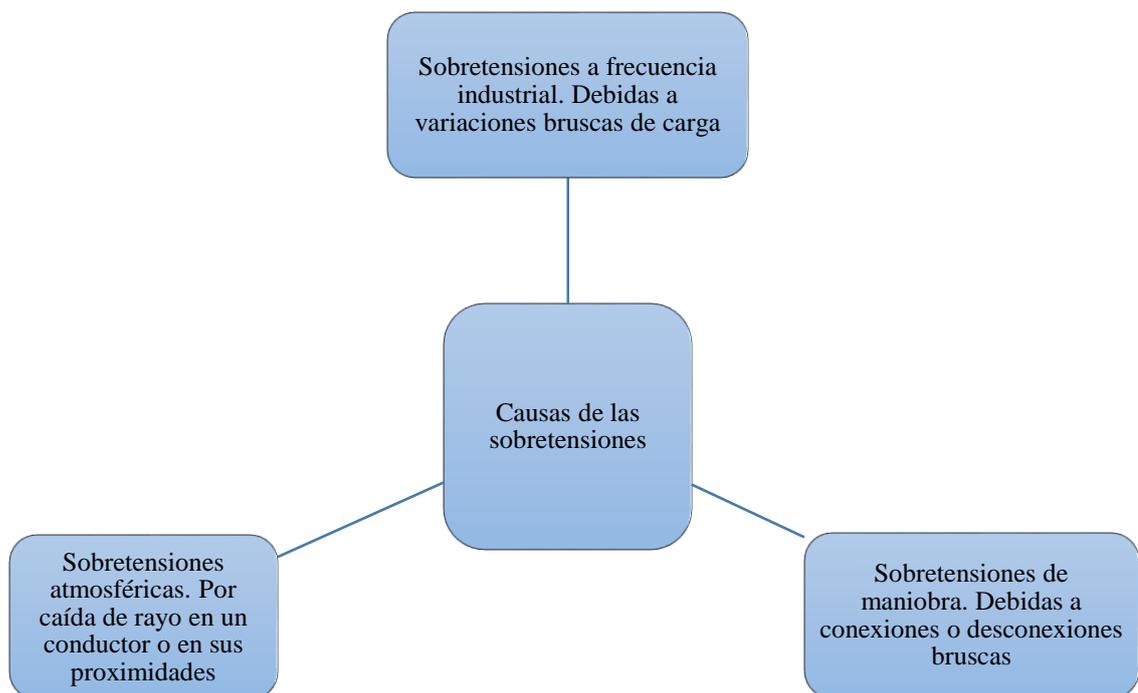


Gráfico No. 12: Causas de sobretensiones eléctricas

Fuente: García (2012)

1.4.3. Transformadores de distribución

Avelino (2001),

“En todo sistema eléctrico de potencia, los transformadores de distribución son la fase última para la utilización de la energía eléctrica en alta o baja tensión. Se lo define como un aparato estático que tiene una capacidad nominal desde 5 hasta 500 kVA y una tensión eléctrica nominal de hasta 34 500 voltios en el lado primario y hasta 15 000 voltios nominales en el lado secundario. En Estados Unidos se manejan tensiones de distribución más elevada, clase 46 kV y clase 69 kV”, (p. 95).

Toledano & Sanz (2013) , se denomina transformador de distribución:

“Al transformador trifásico de potencia utilizado en los CT, para transformar la media tensión en baja tensión. El transformador es una máquina estática, de inducción electromagnética, destinada a transformar un sistema de corrientes variables en otro de intensidades y tensiones generalmente distintas, pudiendo ser su aislamiento en aceite, o encapsulados en resina. Para la distribución de la energía eléctrica serán normalmente trifásicos, si bien se admiten bancos contruidos con tres transformadores monofásicos y excepcionalmente se admitirán transformadores monofásicos, siempre que su potencia sea inferior a 5 kVA”.

Toledano & Sanz (2013) funcionando en vacío, es decir, sin carga, la relación de transformación entre las tensiones de fase del primario (U_1), y del secundario (U_2) es igual a la Relación del número de espiras primarias (N_1) y las secundarias (N_2).

La potencia nominal de los transformadores de distribución deberá corresponder a uno de los valores normales o estandarizados que constan en la tabla siguiente:

Tabla No. 1: Transformadores de distribución voltajes y potencias comerciales

VOLTAJE NOMINAL (V)		NUMERO DE FASES	POTENCIA NOMINAL (kVA)
MT	BT		
13.8 kV	220/127 V	3	15,30,45,50, 60, 75, 90,100, 112.5
	210/121 V		
	208/120 V		
7.9 kV	240/120 V	1	3,5,10,15,25,37.5

Fuente: EEASA Guías de diseño Parte III (2011)

Los transformadores serán instalados en un solo poste hasta potencias inferiores o iguales a 75 kVA, y mayores a 75 kVA hasta 112,5 kVA en pórtico; y, mayores o iguales a 125 kVA en cámaras de transformación.

Potencias nominales diferentes a las que constan en el listado, podrán utilizarse en proyectos en los que se involucren cargas especiales, previa a la autorización de la EEASA.

Para redes de distribución de urbanizaciones, lotizaciones o conjuntos habitacionales la capacidad máxima de los transformadores será de 37,5 kVA en monofásicos y 50 kVA en trifásicos.

Los grupos de conexión más utilizados son:

- Yzn 11 para transformadores de pequeña potencia de 25 a 100 kVA
- Dyn 11 para todas las potencias de 160 a 2 500 kVA

Siendo:

D = Conexión triángulo

Y,y = Conexión estrella

z = Conexión zigzag

n = Neutro accesible

1.4.3.1. Tipos de transformadores de distribución

Avelino (2001),

“Dentro de los transformadores de distribución existen cuatro tipos: transformador tipo pedestal, transformador tipo subestación, transformador tipo sumergible y transformador tipo poste. De entre estos tipos de transformadores el transformador de distribución tipo poste es el más comúnmente empleado en los sistemas de distribución”, (p. 95).

Los tipos de transformadores según Toledano & Sanz (2013):

- Clase B1: Apto para alimentar antiguas redes a tensiones nominales de 220/127 V.
- Clase B2: Apto para alimentar las redes actuales a tensiones nominales de 400/230 V.

1.4.3.2. Puesta a tierra de transformadores de distribución

Según Jiménez, Cantú & Conde (2006), Conjunto de elementos para disipar la corriente de falla o de descargas atmosféricas; incluye: conductor a tierra, tierra natural o artificial y electrodos, (p.103).

Específicamente la Empresa Eléctrica Ambato determina que las conexiones a tierra del neutro se ubicarán en los siguientes puntos del sistema:

- a. En los centros de transformación y en los terminales del circuito secundario del transformador.
- b. Para circuitos secundarios prolongados se debe instalar puestas a tierra a 200 m y en el extremo de la línea.
- c. Para circuitos primarios a intervalos de aproximadamente 500 m. en toda su longitud y además en los puntos terminales.

En referencia al valor de resistencia que se debe considerar en las instalaciones aterrizadas, se debe considerar los valores que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla No. 2: Valores permitidos de resistencias de puesta a tierra en función de kVA del transformador

Nivel de voltaje	Potencia del transformador kVA	Resistencia Máxima a tierra (Ohmios)
PRIMARIO	---	25
SECUNDARIO	Hasta 50	25
	de 51 a 500	15
	Mayor de 500	10

Fuente: EEASA Guías de diseño Parte III (2011)

- d. Las varillas de puesta a tierra en los suelos duros y semiduros no deberán ser introducidas mediante golpes, sino se colocarán mediante excavación.
- e. Por ningún motivo, se debe realizar la conexión del neutro con el tensor y considerarla como una puesta a tierra.

Si las condiciones del suelo no permiten alcanzar el nivel indicado mediante el anterior procedimiento, se realizará un mejoramiento del suelo. Esta medición se obtendrá mediante un equipo de medida de resistencia de puesta a tierra (telurómetro).

1.4.3.5. Demanda en transformadores de distribución

La curva de demanda de un transformador de distribución se la determina realizando una gráfica cuyas variables son: el comportamiento de los voltajes suministrados por el transformador versus las potencias aparentes demandadas por las cargas asociadas al transformador y registradas generalmente por un analizador de energía en el tiempo.

La curva de demanda permite diagnosticar las horas de mayor incremento de potencias, este evento ocasionado generalmente en las horas pico de seis de la tarde a nueve de la noche permite determinar si el transformador analizado se encuentra sobrecargado o no.

1.4.4. Características de la carga

Ramírez (2004), define que las características de la carga influyen en los sistemas de potencia y distribución, pero no en viceversa, determinan el comportamiento de los usuarios frente al sistema de distribución, establecen las condiciones (donde está y como se determina la demanda durante el periodo de carga).

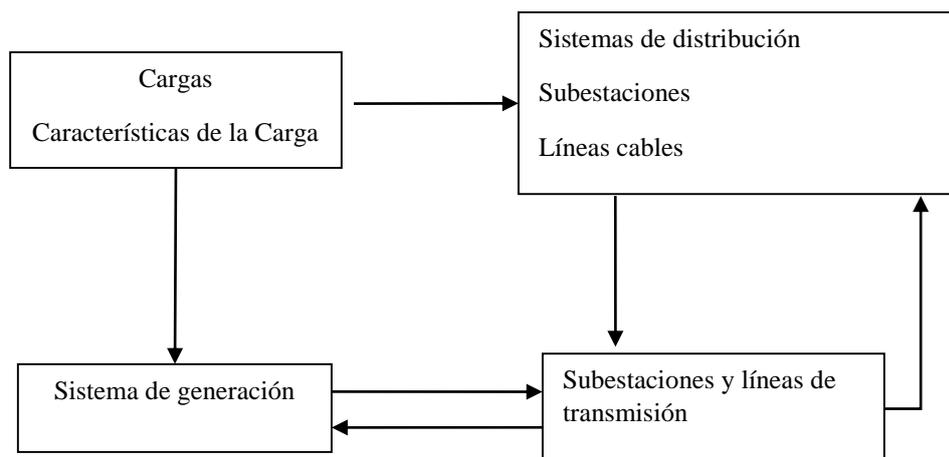


Gráfico No. 13: Influencia de las características de la carga en las redes

Fuente: Ramírez (2004)

1.4.4.1. Carga instalada CI

Guijarro (2013) menciona que la potencia total instalada en el circuito, la cual es el producto de la potencia individual de cada elemento por el número de elementos existentes en el circuito, (p. 13).

1.4.4.2. Demanda D (t)

Según Espina (2017),

“La demanda eléctrica de un sistema es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar. Ese lapso se denomina intervalo de demanda, y su indicación es obligatoria a efecto de interpretar un determinado valor de demanda.

La demanda es una cantidad cuya medida depende del caso de estudio: amperios para la selección o reemplazo de conductores, fusibles, o de interruptores, ajuste de protecciones y balanceo de carga; kilovatios para la planificación del sistema, estudios de energía consumida, energía no vendida, y energía pérdida; kilovoltamperios para la selección de la capacidad de transformadores y alivio de carga. Para estudios de compensación reactiva puede convenir el registro de la demanda en kilovoltamperios reactivos”.

1.4.4.3. Curvas de carga diaria

Ramírez (2004), afirma:

“Estas curvas se dibujan para el día pico de cada año del período estadístico seleccionado. Las curvas de carga diaria están formadas por los picos obtenidos en intervalos de una hora para cada hora del día. Las curvas de carga diaria dan una indicación de las características de la carga en el sistema, sean estas predominantemente residenciales, comerciales o industriales y de la forma en que se combinan para producir el pico. Su análisis debe conducir a conclusiones similares a las curvas de carga anual, pero proporcionan mayores detalles sobre la forma en que han venido variando durante el período histórico y constituye una base para determinar las tendencias predominantes de las cargas del sistema, permite seleccionar en forma adecuada los equipos de transformación en lo que se refiere a la capacidad límite de sobrecarga, tipo de enfriamiento para transformadores de subestaciones y límites de sobrecarga para transformadores de distribución”.

1.4.4.4. Tasa de crecimiento de la demanda

Ramírez (2004), se le considera:

“Uno de los parámetros de diseño cuya determinación requiere la máxima precaución a fin de prevenir la subestimación y la sobrestimación de las demandas

futuras. La tasa de crecimiento de la demanda en redes de distribución es distinta para cada clase de consumo, es evidente que el incremento de la demanda máxima individual, es mayor para una zona de consumo bajo que para un sector de consumo medio o alto”.

La tasa de crecimiento de la demanda está dada por:

$$r = \sqrt[n]{\frac{D_n}{D_0}} - 1$$

Ecuación 1. 1: Tasa de crecimiento de la demanda

Denominada tasa de crecimiento geométrico, o por:

$$r = \frac{\frac{D_n}{D_0} - 1}{n}$$

Ecuación 1. 2: Tasa de crecimiento geométrico

Donde:

D_0 = Demanda actual

D_n = Demanda para el periodo de proyección (cargas de diserto)

n = Período de proyección

Una red puede diseñarse con una medida tal que pueda compensar tanto la carga actual como la carga futura que surja durante la vida útil de la red.

1.4.4.5. Factor de demanda F_D

Guijarro (2013), indica que el factor en porcentaje de demanda de cada elemento, el cual, en condiciones normales indica los periodos de máxima solicitud, será establecido de acuerdo al tiempo de utilización de los artefactos eléctricos.

1.4.4.6. Curvas de demanda máxima diversificada

Cajas (2015), menciona que la demanda máxima diversificada representa para un instante dado, la máxima coincidencia de cargas eléctricas operando al mismo tiempo, es decir, la demanda máxima corresponde a un valor instantáneo en el tiempo.

1.4.4.7. Curvas de demanda en transformadores de distribución

Agudelo, Velilla, & López (2014):

“La caracterización de curvas de carga permite evaluar la tendencia de la demanda durante las 24 horas del día en una semana. Esto con el fin de identificar y caracterizar el patrón de comportamiento según el día de la semana y el tipo de cliente conectado; ya sea residencial, comercial o industrial”.

1.4.4.8. Variables que afectan la tendencia de la curva de carga

Agudelo, Velilla, & López (2014):

“En el caso de las curvas de transformadores, algunas variables que afectan la tendencia de la curva de carga son: las condiciones meteorológicas, las cuales perturban el comportamiento y consumo de la energía, especialmente en países con estaciones donde se presentan cambios continuos de temperatura dependiendo la época del año; el calendario, se refiere básicamente al mes y día del año, este factor es importante teniendo en cuenta que hay meses que por su naturaleza afectan el consumo, tales como diciembre y enero (es importante mencionar que las festividades o celebraciones especiales, también cambian la tendencia de la carga); indicadores económicos, estos factores afectan la carga a largo plazo y tienen que ver con el crecimiento de la población y comportamiento en general de la economía en la región; y finalmente factores no predecibles o atípicos en la operación como ocurrencias forzadas, fallas en los equipos de medida o mantenimientos”.

1.4.5. Variables eléctricas examinadas en las redes de distribución

1.4.5.1. Voltaje

El voltaje (también se usa la expresión "tensión") es la energía potencial eléctrica por unidad de carga, medido en julios por culombio (Voltios). A menudo es referido como "el potencial eléctrico", el cual se debe distinguir de la energía de potencial eléctrico, haciendo notar que el "potencial" es una cantidad por unidad de carga (Georgia State University, 2009).

1.4.5.2. Corriente

Rodríguez, Lorente, Ruiz, & Bosch (2007), definen la corriente eléctrica como:

“El movimiento de cargas eléctricas en un medio conductor, impulsadas por un potencial eléctrico, de modo similar a la corriente de agua en una tubería impulsada por la presión de un depósito elevado. Las cargas eléctricas pueden ser de naturaleza diversa, desde los electrones libres de un metal hasta las proteínas polarizadas o las sales disociadas en un medio acuoso. Pueden tener signo positivo o negativo y, como ocurre con los imanes, las cargas del mismo signo se repelen y las de signo contrario se atraen”.

1.4.5.3. Flickers (Pst)

Ferreyra, Gudiño, & Sada (2013)

“El parpadeo (flicker) puede ser motivado por perturbaciones introducidas durante la generación, transmisión o distribución de energía, pero que generalmente son provocadas por el uso de grandes cargas fluctuantes, es decir, cargas cuya demanda de potencia activa o reactiva fluctúa rápidamente. En el caso de cargas fluctuantes de cierta envergadura, la principal causa de tales variaciones de tensión es la variabilidad en el tiempo de la componente reactiva de la potencia de tales cargas. Entre estas cargas están, por ejemplo, los hornos de arco, los motores de laminadoras, grandes bobinadoras, etc”.

1.4.5.4. Distorsión armónica

Tomasi (2003):

“Las armónicas son múltiplos enteros de la señal original de entrada. Esta señal original es la primera armónica, y se denomina frecuencia fundamental. Dos por la frecuencia original de la señal es semejante a la segunda armónica, tres origina la tercera, etcétera. Otro nombre de la distorsión armónica es distorsión de amplitud. Hay diversos grados de distorsión armónica. La distorsión armónica de segundo orden es la relación de la amplitud rms de la frecuencia de segunda armónica entre la amplitud rms de la frecuencia fundamental. La distorsión armónica de tercer orden es la relación de la amplitud rms de la tercera armónica entre la de la frecuencia fundamental, etc.

La distorsión armónica consiste en la aparición de armónicos no deseados de una señal. Los armónicos son múltiplos enteros de la señal de entrada original.

Aparecen tras el proceso de amplificación de la señal, debido a las no linealidades”.

1.4.5.5. Distorsión armónica total en voltaje (THDV).

Tomasi (2003), la distorsión armónica total es la amplitud rms combinada de las armónicas superiores, dividida entre la amplitud rms de la frecuencia fundamental. La ecuación matemática de la distorsión armónica total (THD, de total harmonic distortion) es:

$$\% THD = \frac{THD^{v superior}}{THD^{v fundamental}} \% 100$$

Ecuación 1. 3: Distorsión armónica total

Donde:

% THD = distorsión armónica porcentual total

$THD^{v superior}$ = suma cuadrática de los voltajes rms de las armónicas superiores de la frecuencia fundamental, $\sqrt{v_2^2 + v_n^2}$

$THD^{v fundamental}$ = voltaje rms de la frecuencia fundamental

Gallardo (2015) menciona lo siguiente relacionado con la distorsión armónica total en voltaje THDV:

“Para poder evaluar el nivel de distorsión armónica que incorpora un componente o circuito electrónico, se conceptualiza el término distorsión armónica total o THD, que en palabras de este autor es una relación entre las amplitudes de los armónicos superiores (los más significativos) de la señal y la amplitud de la frecuencia fundamental. Matemáticamente se expresa como”:

$$THD = \frac{V_{rms}^a}{V_{rms}^f} 100 [\%]$$

Ecuación 1. 4: Distorsión armónica total en voltaje THDV

Donde THD es la distorsión armónica total, expresada en %, V_{rms}^a es la suma cuadrática de los voltajes rms (cuadráticos) de los armónicos superiores, es decir:

$V_{rms}^a = \sqrt{V_{rms1}^2 + V_{rms2}^2 + V_{rms3}^2}$ y V_{rms}^f es el voltaje rms (cuadrático) de la frecuencia fundamental.

1.4.5.6. Factor de potencia

Schneider (2001), se define factor de potencia, (f.d.p.):

“De un circuito de corriente alterna, como la relación entre la potencia activa, P , y la potencia aparente, S . Da una medida de la capacidad de una carga de absorber potencia activa. Por esta razón, $f.d.p = 1$ en cargas puramente resistivas; y en elementos inductivos y capacitivos sin resistencia $f.d.p$ menor a 1”.

$$PF = \frac{P}{S}$$

Ecuación 1. 5: Factor de potencia

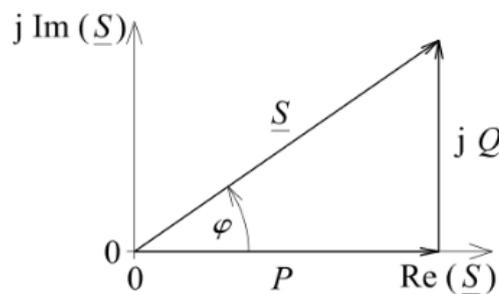


Gráfico No. 14: Triángulo de potencias activa P y aparente S en un caso de cargas lineales

Fuente: Schneider (2001).

1.4.5.7. Potencia Eléctrica

Potencia Activa

Schneider (2001), se define:

“La potencia activa (P) de una señal distorsionada por armónicos es la suma de las potencias activas correspondientes a las tensiones (U) e intensidades (I) del mismo orden. La descomposición de la tensión y la intensidad en sus componentes armónicas puede ser escrita como”:

$$P = \sum_{h=1}^{\infty} U_h I_h \cos \varphi_h$$

Ecuación 1. 6: Potencia activa

φ_h , siendo el desfase entre la tensión y la intensidad del armónico de orden h

- En ausencia de armónicos, la ecuación $P = U_1 I_1 \cos \varphi$, indica la potencia de una señal sinusoidal

Su unidad de medida es el vatio o watt (W)

Potencia Aparente (S)

“Se la define como la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se consigue con la suma vectorial de las potencias activa y reactiva y manifiesta la ocupación total de las instalaciones motivado por la conexión del receptor” (Revista proyecto 987, 2012).

Su unidad de medida es el voltamperio (VA).

Se calcula como:

$$S = U \cdot I$$

Al ser la suma vectorial de P y Q, que son los catetos de un triángulo rectángulo en el que S es la hipotenusa, también puede calcularse como:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Ecuación 1. 7: Potencia aparente

Potencia Reactiva

La potencia reactiva se define únicamente para la fundamental y viene dada por la ecuación:

$$Q = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1$$

Ecuación 1. 8: Potencia reactiva

Potencia de distorsión (D)

En presencia de armónicos, la relación $S^2 = P^2 + Q^2$ no es válida.

Se define la potencia de distorsión D de tal forma que: $S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$. Así pues:

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$$

Ecuación 1. 9: Potencia de distorsión

1.4.6. Confiabilidad del servicio eléctrico

1.4.6.1. Calidad del servicio

La calidad de servicio según Acevedo (2001):

“Es el conjunto de propiedades y estándares normales que, conforme a la ley y el reglamento vigentes, son inherentes a la actividad de distribución de electricidad concesionada, y constituyen condiciones bajo las cuales dicha actividad debe desarrollarse. La utilización de energía eléctrica requiere un suministro de

potencia con frecuencias y tensiones controlables, mientras que su generación y transmisión se realizan a niveles nominalmente constantes”.

En la regulación CONELEC No. 004/001 (2001), se establecen los siguientes parámetros que regulan la calidad del servicio:

Tabla No. 3: Parámetros que rigen la calidad del servicio eléctrico

Calidad del Producto:
a) Nivel de voltaje
b) Perturbaciones de voltaje
c) Factor de Potencia
Calidad del Servicio Técnico:
a) Frecuencia de Interrupciones
b) Duración de Interrupciones
Calidad del Servicio Comercial:
a) Atención de Solicitudes
b) Atención de Reclamos
c) Errores en Medición y Facturación

Fuente: Regulación CONELEC 004/001 (2001).

Cabe resaltar que el presente estudio se enfoca en la evaluación de la calidad del producto, referido al monitoreo y análisis del comportamiento de los transformadores de distribución y puestas a tierra del alimentador Tambo, subestación Pelileo de la EEASA, estableciendo soluciones que a futuro mejoren la confiabilidad del servicio eléctrico a los clientes de dicho alimentador.

1.4.6.2. Calidad del producto

La regulación CONELEC en el ítem 2.1, hace mención lo siguiente:

"Los aspectos de calidad del producto técnico que se controlarán son el nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el Distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos. Toda la información deberá estar a disposición del CONELEC al momento que se le requiera".

La Calidad del Producto Técnico según Acevedo (2001), “Persigue analizar las características y nivel de la señal de voltaje en el punto de acoplamiento común, además

de las perturbaciones, que a la vez se separan en tres: Variaciones rápidas de tensión (flicker), Variaciones lentas de tensión y Armónicas”.

Tabla No. 4: Variables eléctricas que regulan la calidad del producto

ARMÓNICOS PARCIALES DE VOLTAJE	VALORES PERMITIDOS POR LA REGULACIÓN
PARÁMETRO	VALORES PERMITIDOS POR LA REGULACIÓN
Voltaje	+/- 10% del voltaje nominal del transformador de distribución
Flicker (Pst)	Menor a 1
THDV	No mayor a 8
ARMÓNICOS PARCIALES DE VOLTAJE	VALORES PERMITIDOS POR LA REGULACIÓN
Tercero	No mayor a 5
Quinto	No mayor a 6
Séptimo	No mayor a 5
Noveno	No mayor a 1,5
Onceavo	No mayor a 3,5

Fuente: Regulación CONELEC 004/001 (2001).

1.4.6.3. Calidad del servicio técnico

La Calidad del Servicio Técnico prestado según Acevedo (2001), “persigue analizar, controlar y sancionar lo referente a cortes de suministro, frecuencia de las interrupciones y duración de éstas”.

1.4.6.4. Calidad del servicio comercial

La Calidad de Servicio Comercial para Acevedo (2001), “busca dar plazos y cualidades de la atención por parte de la compañía generadora o distribuidora, para el cumplimiento de las solicitudes e información requerida por el usuario”.

1.4.6.5. Clasificación de las cargas de acuerdo a la confiabilidad

Las cargas se pueden clasificar de la siguiente manera:

Cargas de primera categoría

Ramírez (2004):

“Son aquellas en las que una interrupción corta en el suministro de energía eléctrica causa importantes perjuicios al consumidor (riesgo de muerte, daños en procesos de fabricación en masa, daños a equipos costosos como computadores y máquinas controladas por sistemas electrónicos, centros hospitalarios, sistemas masivos de transporte, etc.

Estas cargas deben tener sistemas alternos de alimentación con conmutación automático y plantas de emergencia (autogeneración)”, (p. 12).

Cargas de segunda categoría

Ramírez (2004):

“Bajo esta categoría se clasifican todas las cargas en las que una pequeña interrupción (no mayor de 5 minutos), no causa grandes problemas al consumidor. Pertenecen a este grupo las fábricas medianas que no tienen complicados y delicados procesos de fabricación pero que causan desocupación de empleados y obreros, entre otros”, (p. 12).

Cargas de tercera categoría

Ramírez (2004) menciona que:

“Se clasifican aquí el resto de consumidores, los cuales pueden tener un tiempo de interrupción comprendido entre $1 \leq T(\text{Tiempo}) \leq 5h$, en un mes durante el cual no se causa mayores perjuicios. Son entonces los usuarios, residenciales, poblaciones rurales, pequeñas fábricas, entre otros”, (p. 12).

1.4.6.6. Responsabilidad y alcance

La Regulación CONELEC No. 004/001 (2001), resuelve que:

"1.3. Responsabilidad y Alcance: Las Empresas Distribuidoras tienen la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los Consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los Reglamentos aplicables, el Contrato de Concesión y las Regulaciones correspondientes".

1.4.6.7. Organismo competente

El cumplimiento de los niveles de Calidad de Servicio será supervisado y controlado por el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC.

1.4.6.8. Nivel de voltaje

Según la Regulación CONELEC 004/001 (2001), “se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio”

Según las Guías de diseño Parte III de la EEASA (2001), “los valores nominales de voltaje en los diferentes componentes del sistema eléctrico son los siguientes:

- Subtransmisión 69 kV
- Alimentadores, líneas y redes primarias de distribución 13,8/7,9 kV
- Circuitos secundarios trifásicos 208/120 V
220/127 V
210/121 V
- Circuitos secundarios monofásicos.
 - Voltaje (2 hilos) 120 V
 - Voltaje (3 hilos) 240/120 V

1.4.6.9. Perturbaciones de voltaje

Para la Regulación CONELEC 004/001 (2001)

“La Perturbación rápida de voltaje (flicker) se considera como aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto “Flicker” (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano”.

1.4.6.10. Factor de potencia según la Normativa

La evaluación de esta variable eléctrica establece el índice de calidad y la medición referida en la Regulación CONELEC 004/001 (2001), dice “el factor de potencia no debe ser menor a 0,92”.

1.4.6.11 Índice de Calidad

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.

$$\Delta V_K \% = \frac{V_K - V_n}{V_n} 100$$

Ecuación 1. 10: Índice de calidad

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos

V_k : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos

V_n : voltaje nominal en el punto de medición

1.4.6.12 Medición

Adicionalmente a las disposiciones que constan en el artículo 12 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, el Distribuidor efectuará registros del factor de potencia en cada mes, en el 2% del número de Consumidores servidos en AV y MV. Las mediciones se harán mediante la instalación de registradores de energía eléctrica.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 1

1. Se realizó un análisis de la regulación CONELEC 004/01, referida a la calidad del servicio eléctrico, identificando los parámetros eléctricos a ser medidos en el presente estudio con el objeto de evaluar la calidad del producto entregado a los clientes del alimentador Tambo de la Subestación Pelileo de la EEASA.
2. En este capítulo además se detalló los diferentes componentes del sistema eléctrico de potencia, analizando los componentes del sistema de distribución,

referido a los niveles de suministro de voltaje, protecciones, centros de carga y puestas a tierra.

3. Se puntualizaron aspectos teóricos fundamentales que caracterizan las variables eléctricas a ser monitoreadas en el presente estudio, definiendo como aspecto fundamental la importancia de la medida de la cargabilidad y resistencia de puesta a tierra de los transformadores de distribución con el objeto de establecer soluciones que mejoren la confiabilidad del servicio eléctrico de los usuarios de las redes de bajo voltaje del alimentador Tambo.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Introducción

En este capítulo se presenta el proceso a seguir hasta la recolección de datos, partiendo del objeto de investigación para comprender que se analizará y donde se recolectará la información estadística, determinando la modalidad de estudio iniciando con la bibliográfica requerida para conceptualizar la confiabilidad de servicio y el comportamiento eléctrico de los transformadores de distribución, definiendo cada categoría relacionada en base al criterio de expertos, continuando con la investigación de campo que facilitó al investigador tener contacto directo con la realidad, en este caso para la medición de la calidad de servicio eléctrico para detectar problemas en los transformadores de distribución públicos del alimentador Tambo de la EEASA divididos entre monofásicos y trifásicos, siendo un proyecto factible porque se trazará una propuesta a partir de la información obtenida, posteriormente se describe el proceso para la recolección de información en base a los objetivos trazados en la introducción dando así cumplimiento a los objetivos propuestos.

2.2. Objeto de la Investigación

El objeto de estudio son los transformadores de distribución del alimentador Tambo perteneciente a la subestación Pelileo, provincia del Tungurahua, los cuales se encuentran en un número de 343 divididos entre trifásicos y monofásicos dotando de energía eléctrica a aproximadamente 10 969 habitantes de acuerdo al último censo efectuado por el Instituto de Estadísticas y Censos (INEC), determinando la eficiencia y calidad de la energía eléctrica en el sistema de distribución del alimentador en estudio, mediante el registro de parámetros eléctricos exigidos por la regulación CONELEC 004/01.

2.3. Área de influencia directa

El alimentador Tambo parte de la subestación Pelileo ubicada en el cantón del mismo nombre, provincia de Tungurahua abasteciendo de energía eléctrica a las parroquias de El Rosario, Chiquicha y Salasaca.

2.4. Modalidad de la investigación

La investigación bibliográfica se utilizó para la fundamentación científica de las variables de investigación, ayudó a la sustentación del tema para comprender los conceptos técnicos, conociendo el criterio de varios investigadores revisando y analizando estudios, tesis, manuales, libros, revistas y páginas online, obtenidas del repositorio de universidades, donde se manifiesta una serie de criterios sobre la confiabilidad de servicio y su relación con el comportamiento eléctrico de los transformadores de distribución.

Se constituye en una investigación de campo, donde se levantó la información mediante la instalación de analizadores de calidad de energía eléctrica y telurómetro de pinzas, estableciendo contacto directo con la realidad, sin que se hayan manipulado los datos, el investigador estudió y evaluó el comportamiento de los transformadores de distribución del alimentador Tambo, subestación Pelileo de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. (EEASA), descargando y procesando la información registrada a través del programa Sistema de Calidad del Producto (SISCP).

La modalidad de la investigación del presente estudio se enfocó a proyecto factible, porque se enfoca a la presentación de una propuesta de solución de la problemática como la repotenciación de centros de transformación, redes primarias y secundarias transformadores de distribución del alimentador Tambo, subestación Pelileo de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. (EEASA).

2.5. Métodos de investigación

Para el desarrollo del estudio se utilizó los métodos deductivo e inductivo el primero utilizado a partir de principios generales que son los indicadores definidos para la medición de las variables y sus valores máximos permitidos utilizando la regulación del CONELEC que se establecerá como la ley general, para el análisis de la problemática se evaluará la información obtenida de los equipos de medida, permitiendo la recolección de información para ampliar conceptos y generar conocimientos útiles que ayuden a crear soluciones a corto y mediano plazo, mientras que con el uso del software SISCP se analizará la información obtenida, estableciendo los resultados preliminares que permitirán identificar los transformadores de distribución que reflejen sobrecarga, partiendo de este parámetro se analizará el comportamiento eléctrico de las diferentes

variables, estableciendo soluciones definitivas con el objeto de mejorar la calidad y confiabilidad del servicio eléctrico del alimentador Tambo.

Además, se utilizó información estadística de los transformadores de distribución como: potencias, ubicación, etc., para la verificación y validación de los datos obtenidos a través de los equipos de medida, siendo esta una información requerida para conocer la problemática del estudio.

2.6. Técnicas e instrumentos

2.6.1. Observación

La técnica de observación se utilizó para la determinación de las características de la problemática, determinando todos los indicadores (variables eléctricas) relacionadas para la verificación de datos estadísticos, donde se estructuró una clasificación de datos primarios que permitieron el diseño de la propuesta, se utilizó fichas de observación (libros de obra) ayudando al investigador a establecer información sobre la confiabilidad de servicio y su relación con el comportamiento eléctrico de los transformadores de distribución del alimentador Tambo, subestación Pelileo de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.

En el proceso de observación se seguirá el siguiente procedimiento para determinar los datos precisos de la problemática:

2.6.1.1. Procedimiento

La medición, mostrará el registro de las variables eléctricas de los transformadores del alimentador Tambo perteneciente a la subestación Pelileo de la EEASA, mediante la instalación y programación de analizadores de calidad de energía eléctrica trifásicos marca AEMC modelo 3945-B, durante 7 días en intervalos de tiempo de 10 minutos tal como lo exige la regulación CONELEC 04/01, adicionalmente el investigador realizó la medida de la resistencia de puesta a tierra de los transformadores de distribución públicos mediante el empleo de un telurómetro de pinzas marca UNI-T modelo UT275, mientras que el análisis y procesamiento de la información, los datos obtenidos de los registradores de energía serán analizados, depurados y procesados mediante el uso del software SISCO,

programa computacional que contrasta la información obtenida con los parámetros establecidos por la regulación CONELEC 004/01, permitiendo identificar los centros de carga que reflejan actualmente problemas de sobrecarga y cuyo comportamiento eléctrico de demanda y más variables eléctricas serán usados para plantear soluciones que propendan mejorar la calidad del servicio eléctrico del alimentador en estudio. Finalmente la recolección de fotografías y el llenado de libros de obra diarios de cada transformador permitirán detallar la ubicación, número de poste, tipo de transformador, posición del TAP de regulación de voltaje y medición de la resistencia de puesta a tierra del centro de carga (ANEXO 1).

2.6.2. Software

El software Sistema de Calidad de Servicio Eléctrico (SISCP), es un programa computacional de libre acceso, creado y administrado por la Empresa Eléctrica Ambato S.A., con el objeto de evaluar el comportamiento de los sistemas de distribución de la distribuidora.

El SISCP evalúa las variables eléctricas referidas a la calidad del producto en la regulación, entregando una tabla Excel con los resultados del comportamiento eléctrico de transformadores de distribución, subestaciones y usuarios de bajo voltaje (medidores).

La información obtenida es reportada en forma mensual desde la EEASA a la Agencia de Control y Regulación de Electricidad (ARCONEL), antes CONELEC ente regulador y controlador, a través del cual el Estado ecuatoriano delega las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, a empresas concesionarias.

Tabla No. 5: Parámetros evaluados por el software SISCP

CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD - CONELEC -														
SISDAT Sistematización de Datos del Sector Eléctrico														
Formulario CAL-030*														
CAUDAL DEL PRODUCTO - Medición en Transformadores de Distribución														
Fila	Código del Transformador	Tipo	Número de Fases	Ubicación Georeferenciada					Subestación	Provincia	Cantón	Alimentador	Voltaje Nominal	
				DATUM UTM	ZONA	X (UTM)	Y (UTM)	Z (UTM)					f-f (V)	f-n (V)
				(4)	(5)	(6)	(7)	(8)					(13)	(14)
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)

PERÍODO DE LA MEDICIÓN					REGISTROS FUERA DE LÍMITES									Energía Total Sumistrada (kWh)
Fecha Inicio (dd/mm/aaaa)	Hora Inicio (hh:mm:ss)	Fecha Final (dd/mm/aaaa)	Hora Final (hh:mm:ss)	No. Registros	Fase-A			Fase-B			Fase-C			
					V (%)	PST (%)	VTHD (%)	V (%)	PST (%)	VTHD (%)	V (%)	PST (%)	VTHD (%)	
(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)

NÚMERO DE REGISTROS POR PORCENTAJE DE DESVIACIÓN DEL VOLTAJE NOMINAL FASE A (#)											
8 ≤ ΔV < 9	9 ≤ ΔV < 10	10 ≤ ΔV < 11	11 ≤ ΔV < 12	12 ≤ ΔV < 13	13 ≤ ΔV < 14	14 ≤ ΔV < 15	15 ≤ ΔV < 16	16 ≤ ΔV < 17	17 ≤ ΔV < 18	ΔV ≥ 18	Total
(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)

CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD - CONELEC -

SISDAT Sistematización de Datos del Sector Eléctrico

Formulario CAL-030*

CALIDAD DEL PRODUCTO - Medición en Transformadores (Armónicos)

Fila	Código del Transformador	Fase	Porcentaje de Registros Fuera de Límites (%)									
			CONTENIDO ARMÓNICO INDIVIDUAL DE VOLTAJE									
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

Fuente: Programa SISCP (2017)

En el caso de que los valores monitoreados no cumplan con la regulación, las empresas distribuidoras deberán tomar acciones como el cambio de transformadores, mejoramiento de puestas a tierra, reemplazo de conductores de los circuitos secundarios, incremento de centros de carga para evitar caídas de voltaje mejorando así la calidad y confiabilidad del servicio eléctrico en bajo voltaje.

Adicionalmente el investigador utilizó el software DataView para graficar el comportamiento de las variables eléctricas durante el tiempo de duración de las muestras obtenidas de los transformadores del alimentador Tambo.

2.6.3. Instrumentos de medición

Analizadores de calidad de energía eléctrica.

Un analizador de calidad de energía es un instrumento que se utiliza para medir y controlar la calidad de la electricidad que está siendo utilizado por sus aplicaciones y dispositivos.

Proceso

Como su nombre indica, un analizador de calidad de energía mide la calidad de la misma, controlando ciertos parámetros o propiedades del sistema de energía para asegurar que el

flujo de electricidad hacia los electrodomésticos y aparatos electrónicos funcione sin problemas y sin perturbaciones.

Características

Un analizador de calidad de energía rastrea y mide varios parámetros diferentes de electricidad. Estos parámetros pueden incluir la electricidad de corriente alterna, la frecuencia, la demanda, la demanda máxima, la tensión, la distorsión armónica, el factor de potencia, etc. La calidad medida puede variar de un analizador a otro.

Beneficios

Existe una variedad de beneficios cuando se realiza el monitoreo y registro de información de un sistema eléctrico con un analizador de calidad de energía, pero el más importante de estos es la posibilidad de rastrear anomalías y perturbaciones en la calidad de la misma, lo que permitirá aumentar la fiabilidad del sistema de energía a través del tiempo.

Analizador de calidad de energía trifásico PowerPad Modelo 3945-B



Gráfico No. 15: Analizador de energía PowerPad Modelo 3945-

Fuente: Internet - <http://www.aemc.com/>

Los analizadores de energía a usar en la investigación son de la marca AEMC mismos que poseen características técnicas tales como:

- Medición de tensión RMS verdaderas hasta 1000 Vrms CA/CC para sistemas de dos, tres, cuatro o cinco hilos.
- Medición de corrientes RMS verdaderas hasta 6500 Arms (dependiente del sensor).
- Medición directa de voltaje y corriente del neutro.

- Cálculo del factor K para transformadores.
- Memoria interna de registro de tendencias de 2 GB; las memorias de registros, de transitorios y alarmas están separadas.

Para su funcionamiento estos equipos poseen pinzas de corriente y voltaje que deben ser conectadas adecuadamente en los secundarios de los transformadores testeados y la programación de los mismos debe realizarse seleccionando la configuración y tipo de registro acorde a las necesidades de la investigación constituyendo esta una ventaja para el correcto desarrollo del estudio, dentro de los accesorios posee además un cable de alimentación, un cable óptico/usb para la descarga de datos y un CD instalador del software DataView, que serán usados para la descarga de la información y lo proporciona el fabricante del equipo.



Gráfico No. 16: Registro e instalación de analizador de energía

Fuente: El investigador (2016).

Adicionalmente el investigador mediante el uso de un telurómetro tipo pinza, realizó la medida de la resistencia de la puesta a tierra de los transformadores asociados al alimentador Tambo, identificando también de ser el caso la ausencia del conductor de tierra con el objeto que la distribuidora identifique los centros de carga que tienen ausencia de dicha instalación.



Gráfico No. 17: Registro e instalación de telurómetro de pinza

Fuente: El investigador (2016).

2.7. Operacionalización de las variables

Variable Independiente: Cargabilidad de los transformadores de distribución

Tabla No. 6: Variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
El transformador de distribución es una máquina estática, de inducción electromagnética, destinada a transformar un sistema de corrientes variables en otro de intensidades y tensiones generalmente distintas, pudiendo ser su aislamiento en aceite, o encapsulados en resina.	Sistema de suministro eléctrico	Distribución y transporte de energía eléctrica	kW-h	Observación	Diagrama unifilar sistema eléctrico S/E PELILEO (Anexo 2)
	Cargabilidad de un transformador	Determinación de la demanda	kVA	Medición	Ficha de Mediciones (Anexo 3)
	Voltajes de suministro eléctrico	Voltaje del secundario del transformador	Voltios	Medición	Ficha de mediciones (Anexo 4)

Fuente: El investigador (2017)

Variable Dependiente: Baja Calidad de servicio eléctrico

Tabla No. 7: Variable dependiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
La calidad de los sistemas eléctricos, es el conjunto de propiedades y estándares normales que, conforme a la ley y el reglamento vigentes, son inherentes a la actividad de distribución de electricidad concesionada, y constituyen condiciones bajo las cuales dicha actividad debe desarrollarse.	Calidad producto	Variación del nivel de voltaje	%	Medición	Ficha de Mediciones (Anexo 4)
		Perturbaciones de voltaje (flickers y armónicos)	Pst, THD	Medición	Ficha de mediciones (Anexo 4)
		Factor de potencia	Adimensional	Medición	Ficha de mediciones (Anexo 4)

Fuente: El investigador (2017)

2.8. Procesamiento y análisis de la información

Para el procesamiento y análisis de la información se realizará el siguiente proceso fundamentado en los objetivos específicos de la investigación:

Tabla No. 8: Procesamiento de los datos de investigación

Objetivos	Metodología de investigación
Instalar analizadores de calidad de energía eléctrica, en los transformadores de distribución públicos del alimentador Tambo, Subestación Pelileo, de la EEASA, durante el año 2016	<ol style="list-style-type: none"> Se realizará una inspección a la subestación Pelileo, identificando el arranque del alimentador Tambo con el objeto de recorrer todos los transformadores públicos tanto monofásicos como trifásicos de distribución a ser monitoreados. Se solicitará en la Empresa Eléctrica Ambato (EEASA), Departamento de Planificación, el plano del circuito primario Tambo. Se instalará analizadores de calidad de energía eléctrica marca AEMC modelo 3945B en todos los transformadores del alimentador, por un periodo de 7 días, en intervalos de tiempo de 10 minutos, programando la recolección de las variables eléctricas exigidas por la regulación CONELEC 004/01. Se levantará un archivo foto de la instalación de los registradores y se llevará el control de la instalación mediante el llenado en sitio de libros de obra diarios.
Medir la resistencia de puesta a tierra de los centros de carga del alimentador Tambo.	<ol style="list-style-type: none"> Se medirá en sitio mediante el uso de un telurómetro de pinzas la resistencia de la puesta a tierra de los transformadores de distribución del alimentador Tambo.
Analizar la información adquirida de los analizadores, eliminando	<ol style="list-style-type: none"> Se instalarán los programas DataView y SISCP de libre acceso y proporcionado por la EEASA, descargando la información de los analizadores en forma semanal, generando un archivo fuente (.dwb) y excel (.xls) por cada transformador testeado.

<p>interrupciones y datos inconsistentes que pueden ocasionar errores en el diagnóstico de la confiabilidad de servicio.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 2. Se descargará la información obtenida de los registradores mediante el uso del software DataView. 3. Se depurará la información adquirida de los analizadores, eliminando datos inconsistentes que pueden ocasionar errores en el diagnóstico de la confiabilidad de servicio. 4. De los archivos excel obtenidos se revisará la información descargada, eliminando datos erróneos.
<p>Evaluar el comportamiento eléctrico actual y futuro de los transformadores de distribución del alimentador Tambo, acorde a las exigencias de la regulación CONELEC 004/01 referente a la calidad de servicio eléctrico de distribución.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Con la base de datos creada de todos los transformadores asociados al alimentador Tambo, se procesará dicha información en el software SISCP identificando así que transformadores se encuentran sobrecargados y necesitan ser reemplazados de forma urgente. 2. Identificando los transformadores sobrecargados se volverán a monitorear estos centros de carga evaluando a través del SISCP las variables eléctricas exigidas en la regulación 004/01 referente a la calidad de producto, con los resultados obtenidos se determinará mediante un diagrama de Pareto las variables que más afectación causen al alimentador proponiendo soluciones con el objeto de mejorar la calidad de servicio eléctrico del primario Tambo.
<p>Exponer los resultados de la confiabilidad del servicio eléctrico del Alimentador Tambo, referidos a la calidad del producto presente en la regulación CONELEC 004/01.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los resultados finales obtenidos informarán cuales son los transformadores de distribución que no cumplen con la regulación CONELEC, además de establecer a futuro los centros de carga sobrecargados, cuasicargados o sobredimensionados, así como también se mostrarán los sistemas de puesta a tierra que cumplen con la regulación, los que la incumplen y los transformadores que no cuentan con una puesta a tierra.

Fuente: El investigador (2017)

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 2

1. Se desarrolló una particularización de los aspectos metodológicos utilizados para el desarrollo del proyecto de investigación, delimitando el objeto y área de estudio de la investigación, describiendo además la modalidad, tipo y métodos de investigación empleados.
2. A sí mismo se describieron las técnicas e instrumentos que permitirán el desarrollo de la investigación, y se conceptualizaron las variables independiente y dependiente, determinando los indicadores que permitieron describir en forma clara y acertada los pasos a seguir para el procesamiento y análisis de la información.
3. Se expusieron los instrumentos de medición y software que permitirán realizar la evaluación del estado actual del alimentador Tambo, mediante la identificación de los transformadores sobrecargados así como la ausencia y alta resistencia de puestas a tierra que representan los puntos críticos de nuestro estudio y a partir de estos realizar la evaluación definitiva del alimentador con la finalidad de proponer soluciones a favor de elevar la confiabilidad del servicio eléctrico del mismo.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Introducción

En el presente capítulo se realiza el análisis de las variables eléctricas que plantea el (Consejo Nacional de Electricidad, 2001) en su regulación No. CONELEC– 004/01 para la obtención de la calidad de servicio eléctrico de distribución, partiendo como objeto de estudio el alimentador Tambo de la subestación Pelileo perteneciente a la Empresa Eléctrica Ambato S.A (EEASA).

Para el análisis de la calidad del producto es necesario graficar y tabular el comportamiento de las variables eléctricas de los 343 centros de carga del alimentador Tambo (anexo 3), de tal forma que se pueda identificar los transformadores causan mayor afectación a la calidad de energía para después realizar un diagrama de Pareto que permita identificar los parámetros de mayor incidencia.

3.2 Sistema Eléctrico de la Empresa Eléctrica Ambato R.C.N.S.A.

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., EEASA, es la encargada del suministro de energía, en su totalidad en las provincias de Tungurahua y Pastaza en los cantones de Palora, Huamboya y Pablo Sexto en la Provincia de Morona Santiago y la parte sur de la Provincia de Napo, que incluye su capital Tena y los cantones Tena, Archidona y Carlos Julio Arosemena Tola; monitorea ciertos parámetros que reflejan su crecimiento, pues el suministro de energía tiene como finalidad el servicio a la colectividad.

El área de concesión de la EEASA, se suscribe a gran parte de la zona central del país en una superficie de aproximadamente 40. 805 km² y 760. 000 habitantes.

Datos importantes:

Tabla No. 9: Datos de la Empresa Eléctrica Ambato S.A (EEASA)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Número de Clientes de la EEASA	246 500 Clientes
Número de Trabajadores	335 Trabajadores
Energía en el Sistema de la EEASA (Año Móvil	595 000 MWh
Demanda máxima de potencia eléctrica	112 MW
Pérdidas de Energía (%)	7,19 % (Método de cálculo -año móvil).
Cartera Actual (USD)	850 000 Dólares

Fuente: EEASA (2016)

3.2.1 Generación

LA EEASA tiene dos centros de generación propia que son de característica hidráulica y térmica las cuales son: la Central Térmica Lligua con una potencia de 5 000 kVA y nivel de voltaje de 4,16 kV y la Central Hidráulica Península con una potencia de 3 750 kVA a un nivel de voltaje de 6, 9 kV; generalmente la operación de la central hidráulica es mediante los generadores número 1 y 4, mientras que la central Térmica no está operando.

3.2.2 Sistema de subtransmisión

En el área de concesión Tungurahua todos los circuitos de subtransmisión están a 69 kV, resultando la longitud de todos los circuitos a 69 kV de 126 km, con este voltaje se llega hasta las subestaciones de distribución de la EEASA en las cuales se tiene 13. 8 kV para los alimentadores de distribución, para esto la EEASA dispone de 14 S/E de distribución, de las cuales 12 son reductoras de 69/13, 8 kV y dos de las centrales Lligua y Península con niveles de voltaje de 4,16/13,8 kV y 6,9/13,8 kV respectivamente. Con las 14 S/E del sistema eléctrico de la EEASA la potencia total instalada es de 167 MVA, transmitiendo satisfactoriamente la energía requerida a todos sus clientes. Adicionalmente ya está en operaciones la S/E Quero con un transformador de 12 MVA para cuatro alimentadores y en construcción la subestación Batán con una capacidad de 6,25 MVA. La ejecución de la subestación Batán y la línea de subtransmisión asociada iniciaron en el mes de junio del 2015 y concluyó en marzo del presente año.

El sistema de subtransmisión de la EEASA es un sistema en anillo a nivel de subtransmisión, pero su operación es mediante circuitos radiales alimentando desde los puntos de interconexión de las subestaciones de TRANSELECTRIC a las subestaciones de distribución de la EEASA.

En la tabla que se muestra a continuación se presentan las subestaciones, transformadores y diversos alimentadores que posee la EEASA en su área de concesión en Tungurahua.

Tabla No. 10: Tabla de subestaciones de distribución de la EEASA

	SUBESTACIONES	VOLTAJE	TRANSFORMADOR (MVA)	MARCA	ALIMENTADORES	
1	ATOCHA	69/13.8 kV	10/12.5	SIEMENS	PINLLO	
		69/13.8 kV	10/12.5	OSAKA	SALIDA 2	
					LA VICTORIA	
					MARTINEZ	
				AMBATILLO		
				PILISHURCO		
2	SAMANGA	69/13.8 kV	12/16.5	SHENDA	SALIDA AUXILIAR	
					PASO LATERAL	
					NORTE	
					CUNCHIBAMBA	
					PARQUE INDUSTRIAL 1	
					RESERVA	
			ABB	CAMINO REAL		
				PARQUE INDUSTRIAL 2		
				PLASTICAUCHO		
3	PÍLLARO	69/13.8 kV	5/6.25	OSAKA	PÍLLARO	
		69/13.8 kV	5/6.25	PAWELLS	SAN ANDRÉS	
					SAN MIGUELITO	
4	HUACHI	69/13.8 kV	10/12.5	WEG	MALL DE LOS ANDES	
					HOSPITAL MILLENIUM	
					MIÑARICA	
					MANUELITA SAENZ	
		69/13.8 kV	10/12.5	MITSUBISHI	MAGDALENA	
					PASA	
					ATAHUALPA	
					INDUSTRIAL	
					SANTA ROSA	
5	BATÁN	69/13.8 kV	10/12.5	MITSUBISHI	SERVICIOS AUXILIARES	
			5	ABB	ESPAÑA	
						PÉREZ DE ANDA
						URBINA
					FICOA	
					MIRAFLORES	
					QUISAPINCHA	
6	LORETO	69/13.8 kV	16/20	SHENDA	RESERVA	
					INGAHURCO	
					PRADERA	
					CATIGLATA	
					LA MERCED	
					LETAMENDI	
		69/13.8 kV	16/20	PAWELLS	BELLAVISTA	
					CASHAPAMBA	
					FERROVIARIA	
					SUBTERRÁNEA	
					12 DE NOVIEMBRE	
					VICENTINA	
7	QUERO	69/13.8 kV	10/12.5	SHENDA	BENTIEZ	
					QUERO	
					CEVALLOS	
					MOCHA	
8	MONTALVO	69/13.8 kV	10/12.5	WEG	TISALEO	
					MONTALVO	
					RESERVA	
					SUR	
9	PELILEO	69/13.8 kV	10/12.5	SHENDA	EL TAMBO	
					PELILEO	
					PATATE	
					HUAMBALÓ	
10	BAÑOS	69/13.8 kV	10/12.5	SHENDA	SAN VICENTE	
					PITITIC	
					BAÑOS	
11	AGOYÁN	69/13.8 kV	5/6.25	OSAKA	ULBA	
					RÍO VERDE	
					CELEC	
12	ORIENTE	69/13.8 kV	12/15,	SHENDA	PETROECUADOR	
		69/13.8 kV	12/15,	SIEMENS	BOLIVARIANA	
					UNIVERSIDAD	
					LA JOYA	
					TECHO PROPIO	
					OLÍMPICA	
13	LLIGUA PENÍNSULA	13.8/6.9 kV	3.5 MVA	ECUATRAN	IZAMBIA	
					PENÍNSULA	
					SERVICIOS AUXILIARES	
14	TOTORAS EEASA	69/13.8 kV	16/20	SHENDA	TOTORAS	
					SALASACA	
					PALAGUA	
					PICAHUA	
					SAN FRANCISCO	
					EMAPA	

Fuente: EEASA (2016)

3.3 Subestación de distribución Pelileo

El diagrama unifilar de la subestación Pelileo se encuentra en el Anexo 2, en el cual se puede apreciar que esta S/E recibe la energía proveniente de la subestación Totoras-Transelectric por medio de una línea de subtransmisión a 69kV con conductor calibre 266 MCM capacidad de 460 Amperios y con una longitud de 10,2 km. Ante la presencia de una desconexión inesperada en esta línea de subtransmisión se abastece por otra línea de las mismas características con una longitud de 20,4 km proveniente de la subestación Baños.

La subestación Pelileo tiene un transformador reductor de 69 a 13,8 kV con capacidad de 10/12,5 MVA, autoprotegido con relés diferenciales y de sobrecorriente.

De esta subestación de distribución se derivan cuatro alimentadores: El Tambo, Pelileo, Patate y Huambaló.

3.3.1. Análisis de la demanda en la subestación Pelileo (kVA)

Tal como se menciona en la tabla N. 10, la subestación Pelileo está compuesta por los siguientes alimentadores: HUAMBALÓ, PELILEO, TAMBO y PATATE, los cuales se encargan de distribuir energía eléctrica a las zonas en los que encuentran ubicados, generando una demanda de consumo a la subestación, a continuación se realiza el análisis de la demanda en cada uno de los alimentadores en un periodo de 6 meses que va desde Julio a Diciembre del año 2016, este análisis permitirá determinar el alimentador con mayor demanda dentro de la subestación.

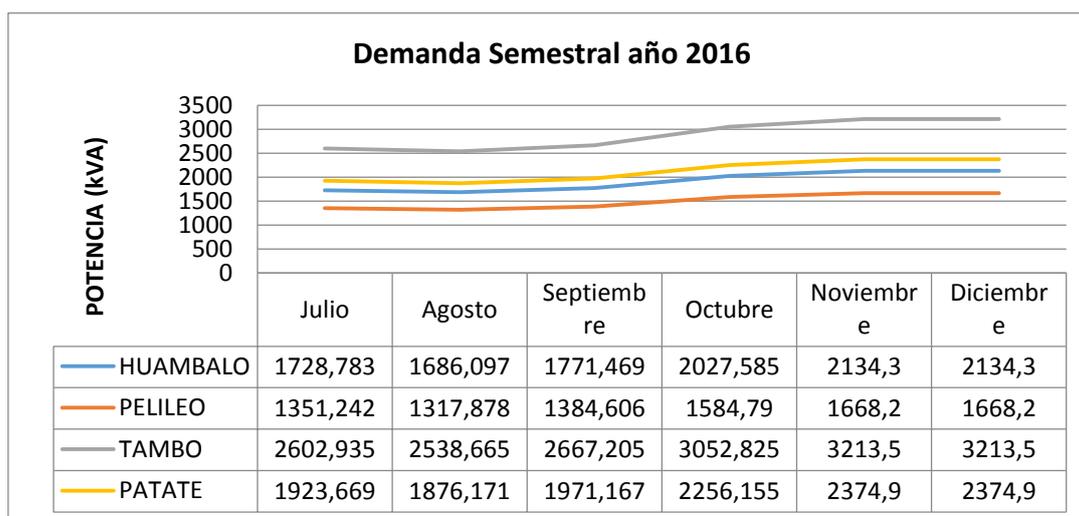


Gráfico No. 18: Análisis de la demanda en la subestación Pelileo periodo Julio - Diciembre del 2016

Fuente: Empresa Eléctrica Ambato S.A. (2016)

En el primer mes del análisis de demanda de los alimentadores que conforman la subestación Pelileo el alimentador con mayor demanda es el Tambo seguido por el Patate, Huambaló y culminando con el alimentador Pelileo.

En Agosto del año 2016 (segundo mes del análisis), el alimentador Tambo sigue siendo el de mayor demanda dentro de la subestación, los 3 alimentadores restantes se encuentran en el mismo orden que el análisis del mes de Julio del mismo año.

En el mes de Septiembre el índice de demanda es muy parecida a los 2 meses anteriores donde se observó que el alimentador Tambo era el de mayor demanda en la subestación Pelileo.

En Octubre del 2016 en el alimentador Tambo existe un ligero incremento de demanda con respecto a los meses de Julio, Agosto, Septiembre del mismo año, notándose que este aumento es proporcional para todos los alimentadores de la subestación.

Se puede evidenciar las magnitudes de la potencia consumida en el mes de Noviembre del año 2016, en las mismas se da a notar claramente que el alimentador Tambo es el de mayor demanda con respecto a los otros alimentadores que conforman la subestación.

En el mes de diciembre del año 2016 la demanda aumentó con respecto a los meses anteriores colocándola como la mayor existente en este año, esto se da por diversos motivos de consumo en la subestación, al igual que los anteriores meses el alimentador Tambo se ubica en el primer lugar dentro del análisis de consumos de la subestación Pelileo.

Por lo expuesto anteriormente se concluye que el alimentador Tambo en el último semestre del año 2016 es el de mayor demanda dentro de la subestación Pelileo como se evidencia en Grafico N° 18, justificando así porque se escogió este alimentador como objeto de estudio.

3.4 Alimentador Tambo

El primario Tambo es un circuito rural radial, su recorrido al salir de la subestación Pelileo es por los barrios Pamatug, Chambiato, Ambabaquí, El Obraje, Catimbo, Sigaló, Huairapata, Nitón, Zanzaloma, el Rosario, el Tambo y la parroquia Salasaca, prestando el servicio eléctrico a toda la zona residencial, comercial e industrial del cantón.

Es un alimentador aéreo en su totalidad y la disposición de los conductores corresponde a las estructuras 3CR, 3CP y más para la parte trifásica y 1CR, 1ER y más para la parte monofásica en poste de hormigón de 12 y 11 metros de altura, en su mayoría su configuración es trifásica a 13,8 kV con algunos ramales monofásicos a 7,9 kV.

Posee 343 transformadores de distribución públicos de los cuales 13 son del tipo trifásico y 330 son del tipo monofásico, mientras que para su protección cuenta con reconectores, seccionadores tipo barras de cobre y portafusibles tipo abierto con fusibles de accionamiento tipo dual correctamente coordinados y dimensionados para brindar la protección adecuada a las cargas.

El calibre del conductor del alimentador Tambo es 4/0 AWG a la salida de la subestación, manteniéndose este calibre en gran parte de su trayectoria troncal mientras que en sus derivaciones varía entre 1/0 y 2/0 AWG. En sus circuitos secundarios posee conductores del tipo XLPE preensamblados con calibres 2 y 1/0 tanto para las fases como para el neutro, quedando aún tramos de conductor en bajo voltaje con red desnuda número 2, 4 y 6 ACSR principalmente en las zonas alejadas principalmente en el sector del cerro Nitón.

El Primario Tambo cuenta con 343 transformadores de distribución de energía eléctrica con potencias que van desde los 5 hasta los 112,5 kVA según los datos de la EEASA.

De acuerdo con él (Consejo Nacional de Electricidad, 2001) en su regulación CONELEC No 004/01 establece los niveles de calidad de producto proponiendo la medición de los siguientes parámetros eléctricos: el nivel de voltaje (V), las perturbaciones o flickers (Pst), la distorsión armónica total y parcial en voltaje, la demanda máxima (kVA), el factor de potencia y puestas a tierra para obtener una buena calidad de servicio, factores muy esenciales dentro de la distribución de energía eléctrica que garanticen un sistema de distribución dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente actualmente en el Ecuador.

3.4. Evaluación de la calidad del producto en el alimentador Tambo

Con respecto a la confiabilidad del servicio eléctrico del alimentador Tambo se midió la resistencia de puesta a tierra así como el comportamiento eléctrico de 343 transformadores de distribución mediante muestras de 24 horas en intervalos de 10 minutos, identificado así los transformadores que se encuentran en estado crítico de carga con el objeto de realizar un estudio pormenorizado de la calidad de servicio de acuerdo con la regulación CONELEC No. 004/01, tal como lo muestra la tabla de resultados del anexo 4.

3.4.1. Variación de voltaje (V)

La variación de voltaje es uno de los parámetros a tomar en cuenta dentro de la calidad del producto que establece la norma del (ARCONEL, 2016), dentro de la cual manifiesta que el voltaje en zonas rurales para bajas tensiones no debe exceder del +/-10% del valor de voltaje nominal de la red secundaria tal como lo indica la tabla N° 4.

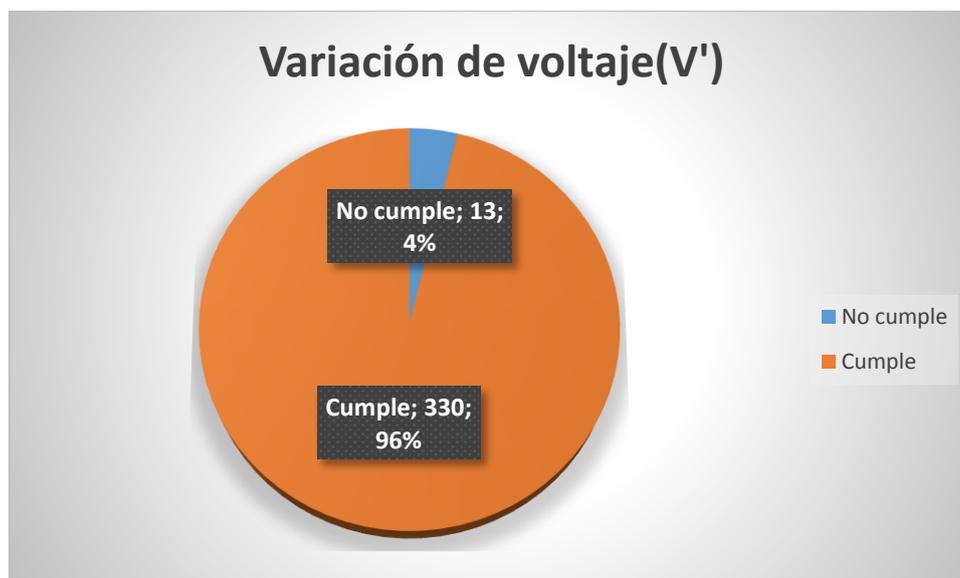


Gráfico No. 19: Análisis de Variación de voltaje en los transformadores de distribución Alimentador Tambo.

Fuente: El investigador (2017).

De la evaluación de voltaje nominal en la totalidad de los transformadores públicos del primario Tambo se diagnostica que un 4% equivalente a 13 centros de carga se encuentran con variación de tensión fuera de los límites serviles del suministro eléctrico, mientras que el 96% restante esto es 330 transformadores cumplen con la regulación vigente.

3.4.2 Análisis de carga

Los centros de carga del alimentador Tambo poseen potencias comerciales de 5; 10; 15; 25; 30; 37,5 y 50 kVA, dentro de la norma se menciona que un transformador de distribución puede ser sobrecargado en un 30% de su potencia aparente nominal, por esta razón en el gráfico N. 20 se categoriza los centros de carga del primario Tambo en seis etapas de acuerdo al nivel de carga registrada en las mediciones.

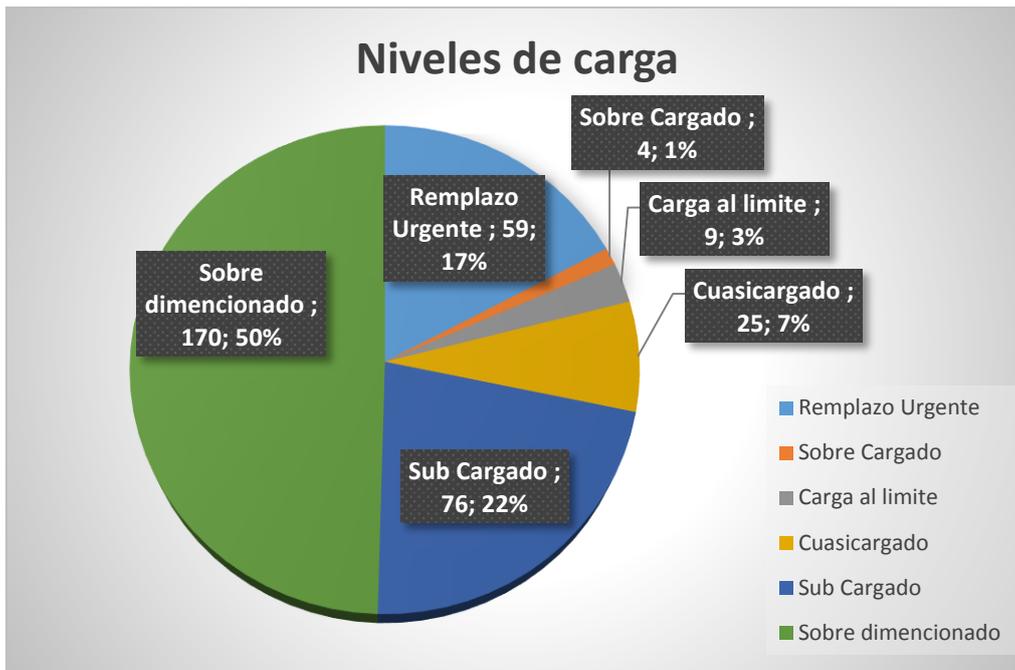


Gráfico No. 20: Clasificación de los transformadores del primario Tambo de acuerdo al porcentaje de carga

Fuente: El investigador (2017)

En el primario en estudio se encontró una incidencia de 59 transformadores equivalentes al 17% del alimentador que necesitan una atención urgente debido al excedente de carga existente, además 4 transformadores se encuentran sobrecargados con un excedente de carga menor al de reemplazo urgente, se observa también que el 3% esto es 9 transformadores se encuentran con la carga al límite.

Adicionalmente un 7% de centros de carga se encuentran cuasicargados, en tanto que los transformadores con menor problema de cargabilidad encontrados en el análisis realizado son los determinados en el rango de los sub cargados con un 22% y sobredimensionados con el 50% que equivale a 170 transformadores del alimentador Tambo, esto según los datos recogidos por los analizadores de energía instalados por el investigador.

La gráfica a continuación muestra las curvas de potencias obtenidas del transformador No. 9595 de 15 kVA, en la misma se puede observar que la potencia aparente total medida fue de 12,45 kVA, dato registrado el 16 de agosto del 2016 a las 14:50 pm.

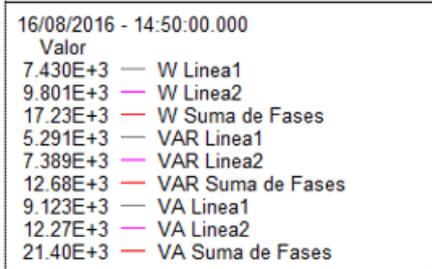
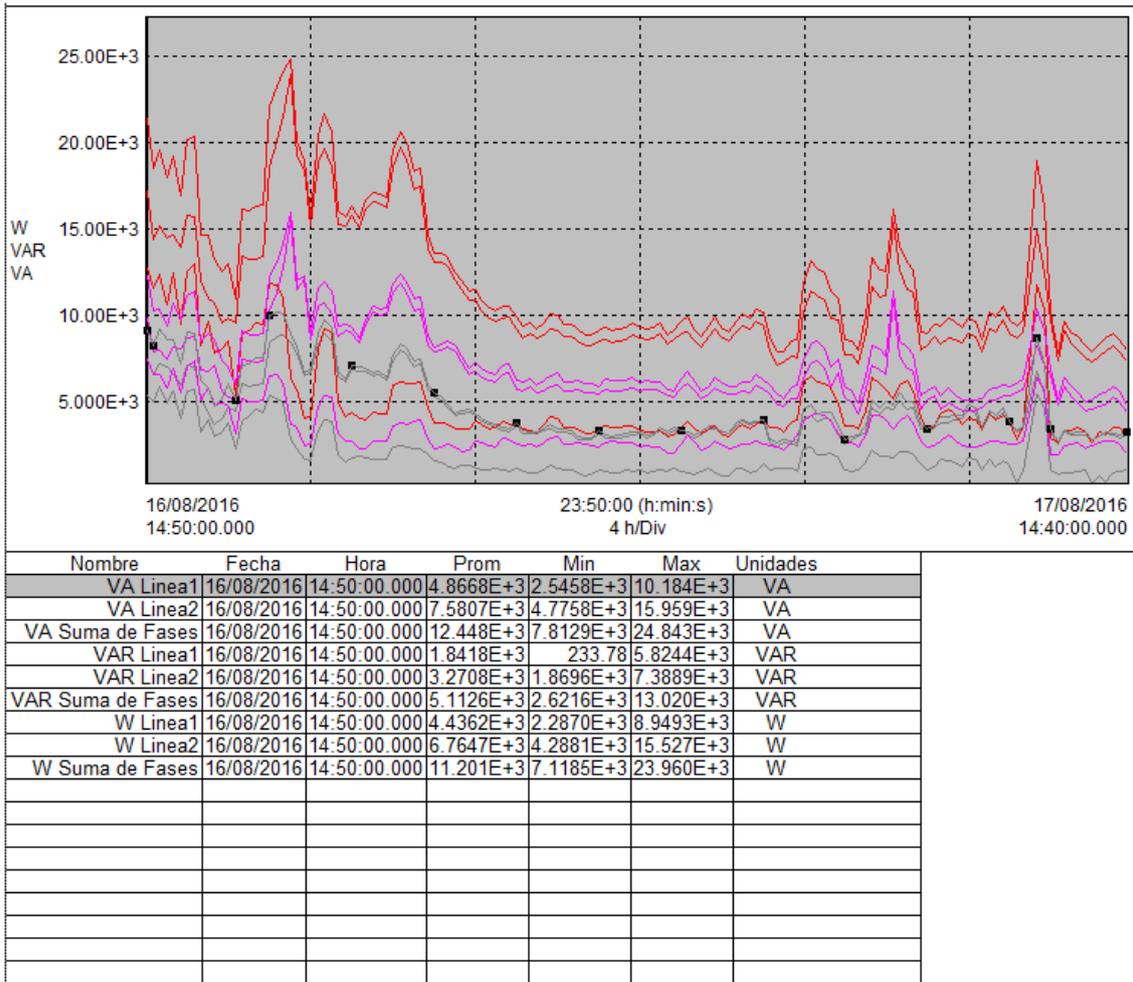


Gráfico No. 21: Curvas de potencias obtenidas del transformador 9595 de 15 kVA del Alimentador Tambo, usando el software DataView

Fuente: Programa DataView (2017)

3.4.3. Puesta a tierra

Los sistemas de puesta a tierra cumplen una función significativa dentro de los alimentadores que conforman una subestación, de acuerdo a la tabla N. 2 proporcionada por la EEASA los valores de las resistencias de puesta a tierra no deben exceder los 25 ohmios esto en concordancia con la regulación CONELEC No 004/01.

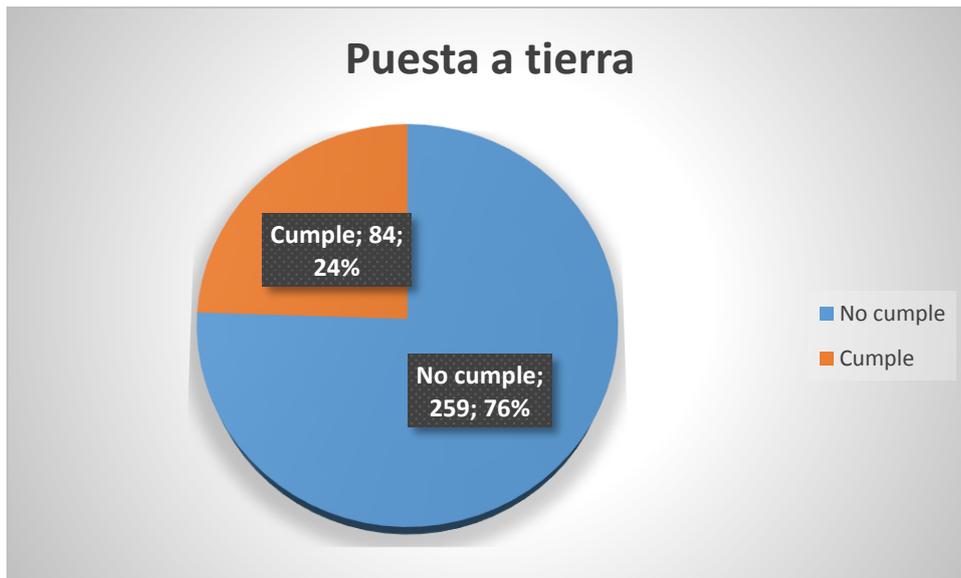


Gráfico No. 22: Puestas a tierra evaluadas en el alimentador Tambo

Fuente: El investigador (2017)

Dentro del análisis de mediciones realizadas en campo se encontró que tan solo el 24% equivalente a 84 transformadores que conforman el alimentador Tambo cumplen con la normativa es decir sus puestas a tierra se encuentran por debajo del límite de resistencia permisible brindando la protección adecuada a las cargas y usuarios del alimentador , no así el 76% es decir 259 transformadores no cumplen con lo mencionado por la Empresa Eléctrica Ambato S.A provocando efectos negativos significativos en la red de distribución.

3.4.4 Perturbaciones (Flicker)

En referencia al índice de severidad flicker de corta duración (Pst) realizado, se determinó que del total de transformadores del alimentador Tambo solo 32 transformadores no cumplen con el valor límite de irritabilidad asociada a la fluctuación máxima de la iluminación que puede soportar sin molestia al ojo humano, valor equivalente al 9% del alimentador.

Mientras que el 91% es decir 311 centros de carga cumplen con la regulación es decir presentan valores flicker menores a 1.

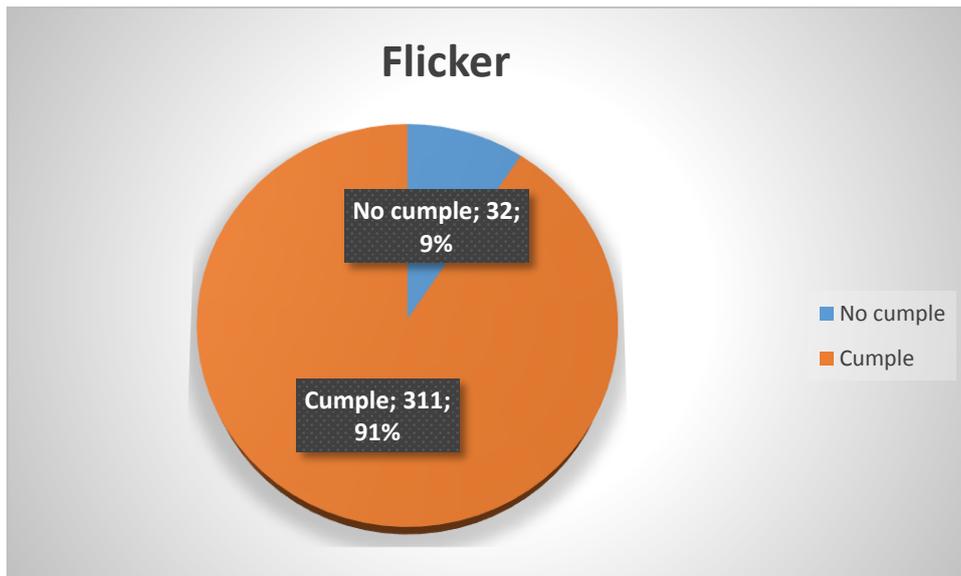


Gráfico No. 23: Resumen de Flicker (Pst) en el alimentador Tambo

Fuente: Investigador (2017)

3.4.5. Distorsión Armónica Total de Voltaje (THDV)

Para los valores en tolerancia de VTHD en porcentaje con respecto al voltaje nominal del punto de medición este no debe superar el 8% de tolerancia según la regulación No. CONELEC -004/01.

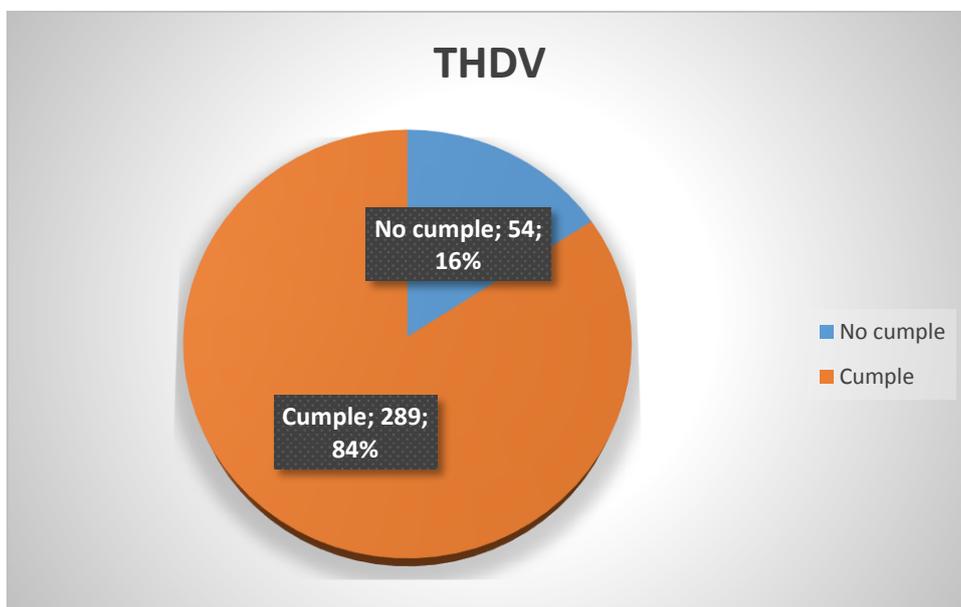


Gráfico No. 24: Resumen de armónicos VTHD en el alimentador Tambo

Fuente: Investigador (2017)

Del análisis realizado en la gráfica N.24 se observa que existen 54 transformadores (16%) con valores en THDV en cualquiera de sus fases, mientras que el 84% restante es decir 289 centros de carga no exceden el valor expuesto en la regulación vigente.

3.4.6. Armónicos individuales de voltaje

El armónico individual de voltaje de mayor incidencia en las redes de distribución es el del tercer orden observándose la existencia del mismo en fases del 39% equivalente a 135 transformadores que superan los valores permitidos por la reglamentación, mientras que el 61% restante (208) centros de carga cumplen con la normativa.

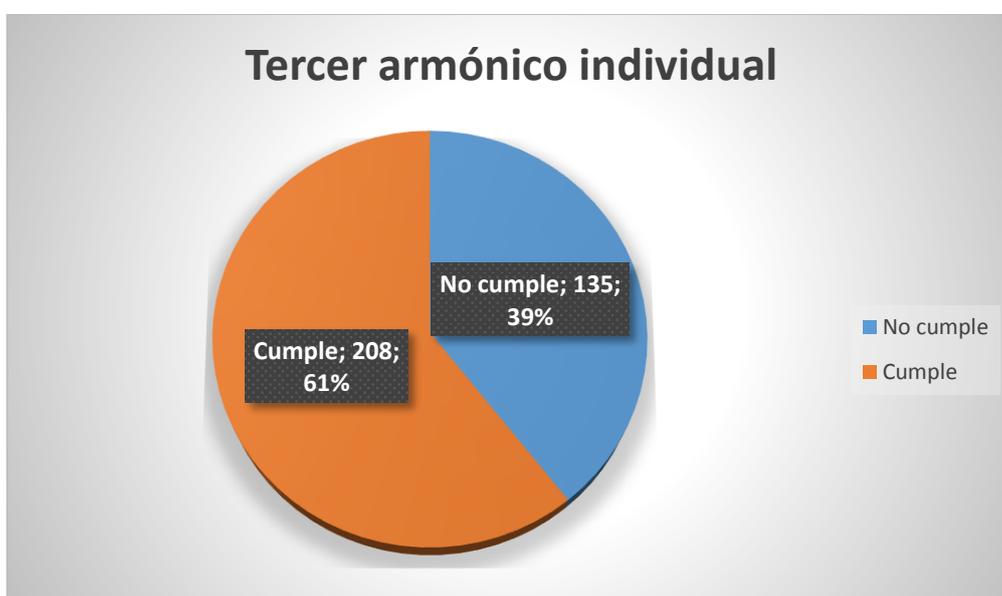


Gráfico No. 25: Resumen del 3er. armónico individual de voltaje en el alimentador Tambo

Fuente: Investigador (2017)

3.4.7. Factor de potencia (fp)

El Consejo Nacional de Electricidad en su regulación No. CONELEC 004/01, establece que el valor límite servil permitido de fp para los sistemas de distribución debe ser mayor a 0,92, mientras que los valores menores serán motivo de penalización.

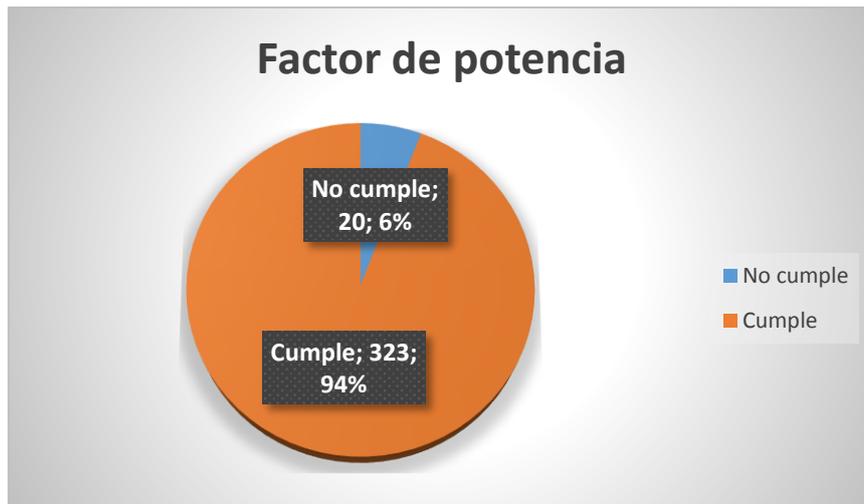


Gráfico No. 26: Resumen del factor de potencia en el alimentador Tambo

Fuente: Investigador (2017)

Por lo tanto de la evaluación del fp realizada en el alimentador Tambo se evidencia que 20 transformadores es decir un 6% del total no cumplen con las exigencias de calidad del producto, mientras que el 94% restante correspondiente a 323 centros de carga no reflejan problemas de fp.

3.4.8. Metodología para la determinación de parámetros críticos

Una vez realizada la evaluación de los distintos parámetros eléctricos referidos a la calidad del producto, se establece un diagrama de Pareto con el objetivo de determinar las variables eléctricas que reflejan mayor incidencia de problemas en el alimentador tal como lo muestra el Gráfico No.27

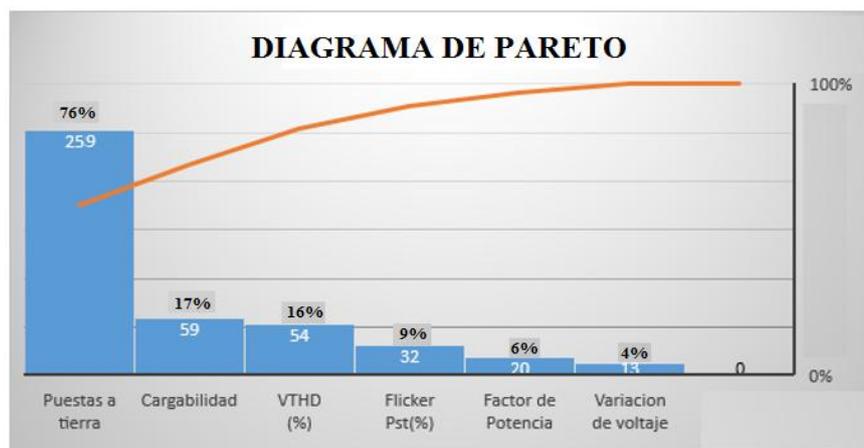


Gráfico No. 27: Diagrama de Pareto

Fuente: Investigador (2017)

Del diagrama expuesto se puede concluir que los sistemas de puesta a tierra y la cargabilidad de los transformadores de distribución, evidencian el mayor porcentaje de problemas al primario Tambo, siendo entonces estas dos variables los puntos críticos a evaluar según la normativa 004/01 para posteriormente establecer soluciones que propendan suministrar un adecuado servicio eléctrico a los usuarios del alimentador en estudio.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 3

1. En el Capítulo 3, como preámbulo de los resultados obtenidos en la investigación se realizó una caracterización del área de influencia mediante la particularización de cada aspecto técnico de la empresa Eléctrica Ambato S.A.
2. Las mediciones recopiladas por el telurómetro de pinzas y por el analizador de energía AEMC fueron evaluadas en el software SISCP, permitiéndonos así diagnosticar, graficar y tabular el comportamiento de las variables eléctricas establecidas en la regulación CONELEC 004/01, referida a la calidad del producto.
3. Para la culminación del capítulo 3, se realizó un diagrama de Pareto evaluando las distintas variables que presentaron los 343 transformadores testeados del alimentador Tambo, evidenciando como problemas más relevantes con un 85% esto es 259 puestas a tierra deficientes o inexistentes y con el 18% correspondiente a 59 transformadores sobrecargados.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA

4.1. Introducción

De acuerdo lo expuesto en el diagrama de Pareto mostrado en el capítulo anterior, las variables más críticas por incumplir la normativa, son la sobrecarga de los transformadores de distribución y la deficiencia e inexistencia de puestas a tierra, cabe resaltar que debido a la importancia, incidencia y control por parte de la distribuidoras en el valor del factor de potencia de la carga, se considera también este parámetro dentro de la propuesta de solución.

En tanto que el resto de variables monitoreadas no se consideran debido a su baja incidencia en la calidad del producto entregado a los usuarios del primario Tambo, por lo tanto este capítulo propondrá una solución a los 59 transformadores sobrecargados, a las 259 puestas a tierra inexistentes o con altos valores de resistencia y a los 20 transformadores con bajo factor de potencia identificados en el capítulo 3, estableciendo lineamientos que garanticen a los consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable.

4.2. Título de la propuesta

Plan de acción para intervenir las puestas a tierra deficientes y centros de transformación sobrecargados en las redes de distribución del alimentador Tambo de la subestación Pelileo, perteneciente a la Empresa Eléctrica Ambato S.A.

4.3. Justificación de la propuesta

Planificar las estrategias para controlar la sobrecarga de transformadores y la deficiente instalación de puestas a tierra en la redes de distribución de la EEASA, se hace necesario debido a la obligación legal que posee la Empresa de entregar un producto, en este caso la energía eléctrica, dentro de los límites dispuestos por la normativa, Regulación N° CONELEC – 004/01.

4.4. Objetivo de la propuesta

Intervenir las puestas a tierra deficientes, centros de transformación sobrecargados y con bajo factor de potencia en las redes de distribución del alimentador Tambo de la EEASA, para mantenerlos en los niveles permitidos por la norma vigente.

4.5. Estructura de la propuesta

La propuesta de un Plan de acción para intervenir las puestas a tierra deficientes, centros de transformación sobrecargados y con bajo factor de potencia en las redes de distribución, está compuesta por: identificación de centros de carga y puestas a tierra, procedimiento de diagnóstico de variables que afectan a la calidad del producto, procedimiento de propuesta de repotenciación de transformadores de distribución y puestas a tierra, análisis económico, social y ambiental.

4.6. Desarrollo de la propuesta

4.6.1. Identificación de centros de carga y puestas a tierra

Para determinar los transformadores y puestas a tierra de las redes de distribución en los cuales se deberán realizar análisis específicos, el Departamento de Planificación de la EEASA, deberá realizar por mes, un análisis de la calidad de energía por alimentadores en 12 transformadores de distribución y la toma del valor de la resistencia de 12 puestas a tierra; la conciliación de la información de las bases de datos generados serán procesados a través del SISCO en forma mensual, obteniendo así un criterio acertado sobre la situación actual de los transformadores y puestas a tierra del sistema de distribución de la EEASA, permitiendo seleccionar los alimentadores que reflejen mayor incidencia de estos parámetros eléctricos.

4.6.2. Procedimiento de diagnóstico de variables (kVA y Ω) que afectan a la calidad del producto

4.6.2.1. Mejoramiento de los niveles de carga de los transformadores del primario Tambo

Para determinar los niveles de carga de los transformadores de distribución (kVA) y la medición de la resistencia de puesta a tierra (Ω), se deben realizar mediciones en los centros de carga priorizados.

Estas mediciones de acuerdo a lo dispuesto por la metodología en la Regulación N° CONELEC – 004/01, referente a la Calidad del producto, que hacen referencia a registros de nivel de voltaje, perturbaciones, factor de potencia y más variables descritas

anteriormente. Las mediciones se deben realizar con un analizador de redes certificado y un telurómetro de pinzas de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000430, referida a los métodos de medida de los parámetros de calidad de suministro de energía y el modo de interpretar los resultados obtenidos.

Si los valores de niveles de carga y resistencia de puesta a tierra superan los niveles permitidos por la Regulación mencionada, como siguiente paso se procede a la repotenciación de los centros de carga y mejoramiento de los sistemas a tierra para mejorarlos y cumplir con lo dispuesto por la norma.

A continuación la gráfica N. 28 muestra los 59 transformadores de distribución identificados con sobrecarga y que exigen un reemplazo urgente por transformadores de potencias comerciales inmediatas superiores con el objeto de solucionar la problemática del incremento de carga producido por los usuarios del alimentador en estudio.

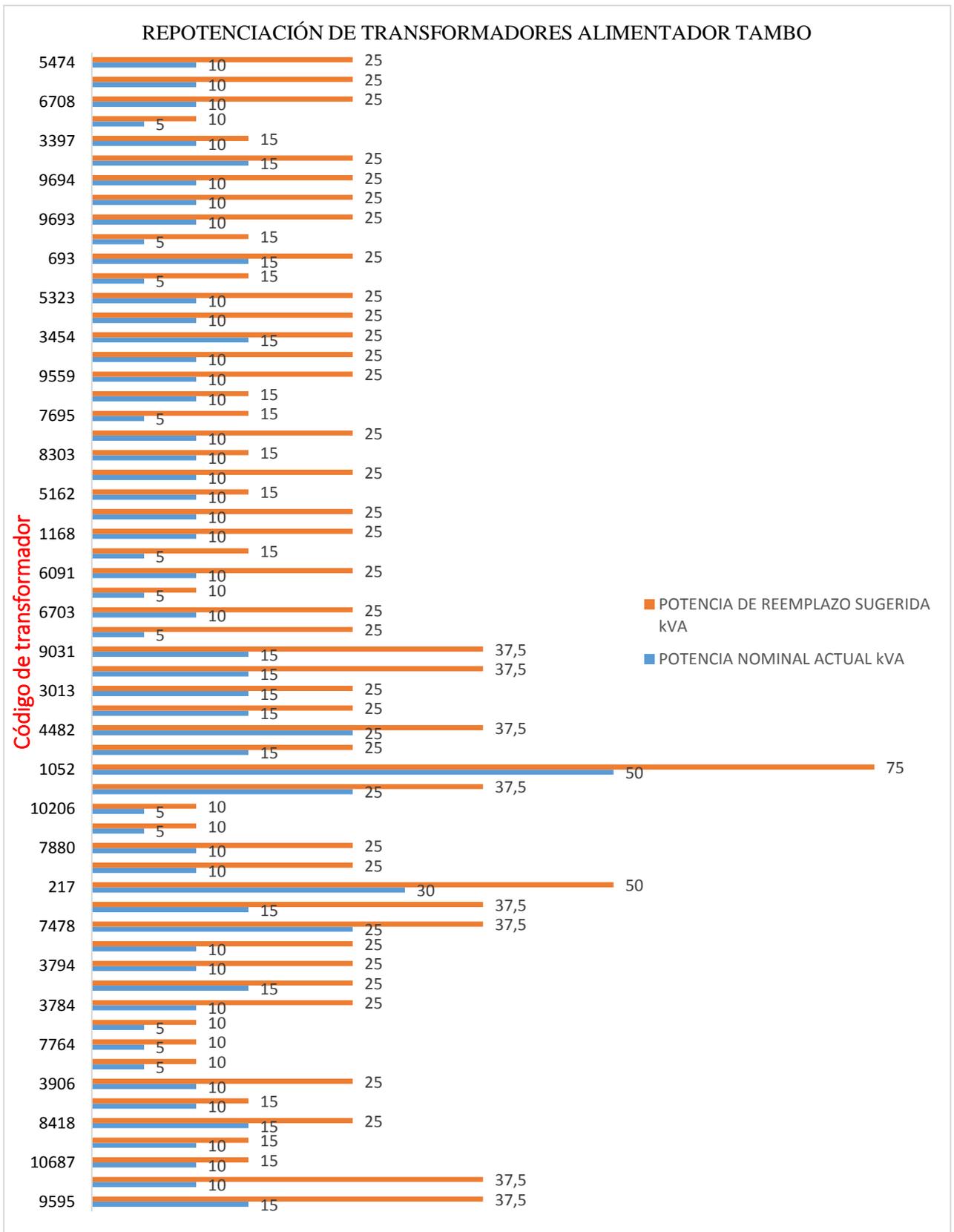


Gráfico No. 28: Repotenciación de centros de distribución públicos

Fuente: Investigador (2017)

4.6.2.1.1. Características de los transformadores de distribución a instalar

Los transformadores de distribución que reemplacen a los existentes en el primario tambó deberán cumplir con las siguientes especificaciones: clase distribución, sumergido en aceite, auto refrigerado, tipo autoprotegido (CSP), apropiado para instalación a la intemperie a 3 000 m.s.n.m. Potencias nominales en régimen continuo 10; 15; 25; 37,5; 50 y 75kVA, con una temperatura ambiente de 30 grados centígrados (°C) y un sobrecalentamiento de 65 °C medido por resistencia. Voltaje nominal primario: 13 800 /7 967 Voltios. Voltaje nominal secundario: 120/240 Voltios. Los bobinados serán de cobre. Desplazamiento angular primario – secundario 150 grados, grupo de conexión Dyn5 según ANSI. Derivaciones en el lado primario: -4 x 2,5% de la relación de transformación, para conmutación sin carga, con el conmutador localizado exteriormente. Impedancia máxima a régimen continuo: 3% sobre la base de sus kVA nominales. Frecuencia: 60 Hz. Clase de aislamiento lado primario: 15 kV, BIL 95 kV. Clase de aislamiento lado secundario: 1,2 kV, BIL 30kV. Se suministrará con los siguientes accesorios, como mínimo: indicador de nivel de aceite, válvula de drenaje, conector para derivación a tierra del tanque, placa de características y dispositivos de elevación. La tapa superior de la cuba debe ser empacada y empernada para fácil inspección del transformador así como su mantenimiento. Deberá satisfacer las disposiciones de las Normas ANSI C-57-12-20. La temperatura de pérdidas se considera a 85 °C. En la placa de características se indicará el año de fabricación.

El transformador cumplirá las normas técnicas ecuatorianas, referentes a transformadores de distribución actualmente en vigencia. Adicionalmente los materiales a ser utilizados para la instalación del transformador de distribución incluido el sistema de puesta a tierra se describen en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla No. 11: Materiales para la instalación de transformadores de distribución y puestas a tierra

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Transformador monofásico autoprotegido, voltaje primario 7,967kV, voltaje secundario 240/120 V.	c/u	1
Conductor aislado de Cu. Tipo THHN # 1/0 AWG	m.	9
Conductor desnudo de Cu. # 2 AWG.	m.	15
Varilla cooperweld de 5/8" x 1,8 m.alta camada	c/u	1
Suelda exotérmica 95 gramos	c/u	1
Material para mejoramiento de tierra	lote	1
Abrazadera simple reforzada para transformador	c/u	2
Conector DP-7	c/u	7
Grapa línea energizada Cu-Al 8 a 2/0 AWG	c/u	1
Estribo para derivación, aleación Cu-Sn	c/u	1

Fuente: Investigador (2017)

4.6.2.2. Corrección e instalación de puestas a tierra de los transformadores del primario Tambo

Mediante la corrección e instalación de las puestas a tierra inexistentes actualmente en el primario Tambo, se logrará mitigar los problemas que afectan a la estabilidad del sistema eléctrico.

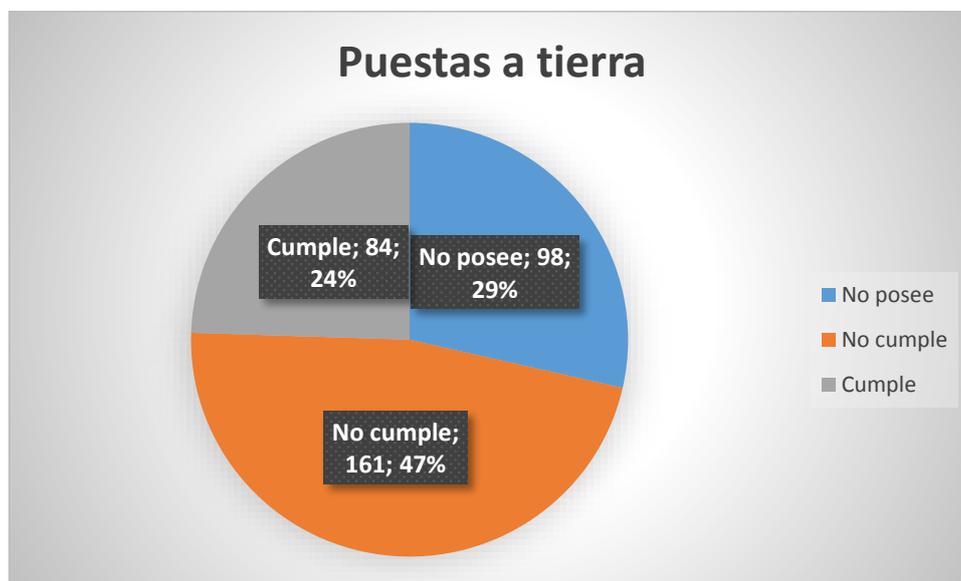


Gráfico No. 29: Evaluación de puesta a tierra

Fuente: Investigador (2017)

Por lo expuesto anteriormente la gráfica N. 29, evidencia que en el alimentador Tambo 161 transformadores es decir el 47% no cumplen con la norma al presentar valores de resistencia menor a 0,92 ohmios, como solución a esta problemática se plantea el mejoramiento de las mismas mediante la colocación de gel reductor y de ser el caso el incremento de varillas cooperweld hasta que el valor de resistencia supere el rango admitido por la regulación (Anexo 5).

Una problemática recurrente y alarmante detectada en la presente investigación es la referida al 29% es decir que 98 transformadores del primario Tambo no poseen un sistema de puesta a tierra. Para lo cual se plantea el aterrizamiento adecuado de los centros de carga conformado por la instalación de conductores de cobre desnudo #2 Awg., varillas de cooperweld, gel conductor, soldas exotérmicas y conectores DP-7, tal como lo detalla el anexo del presupuesto económico.

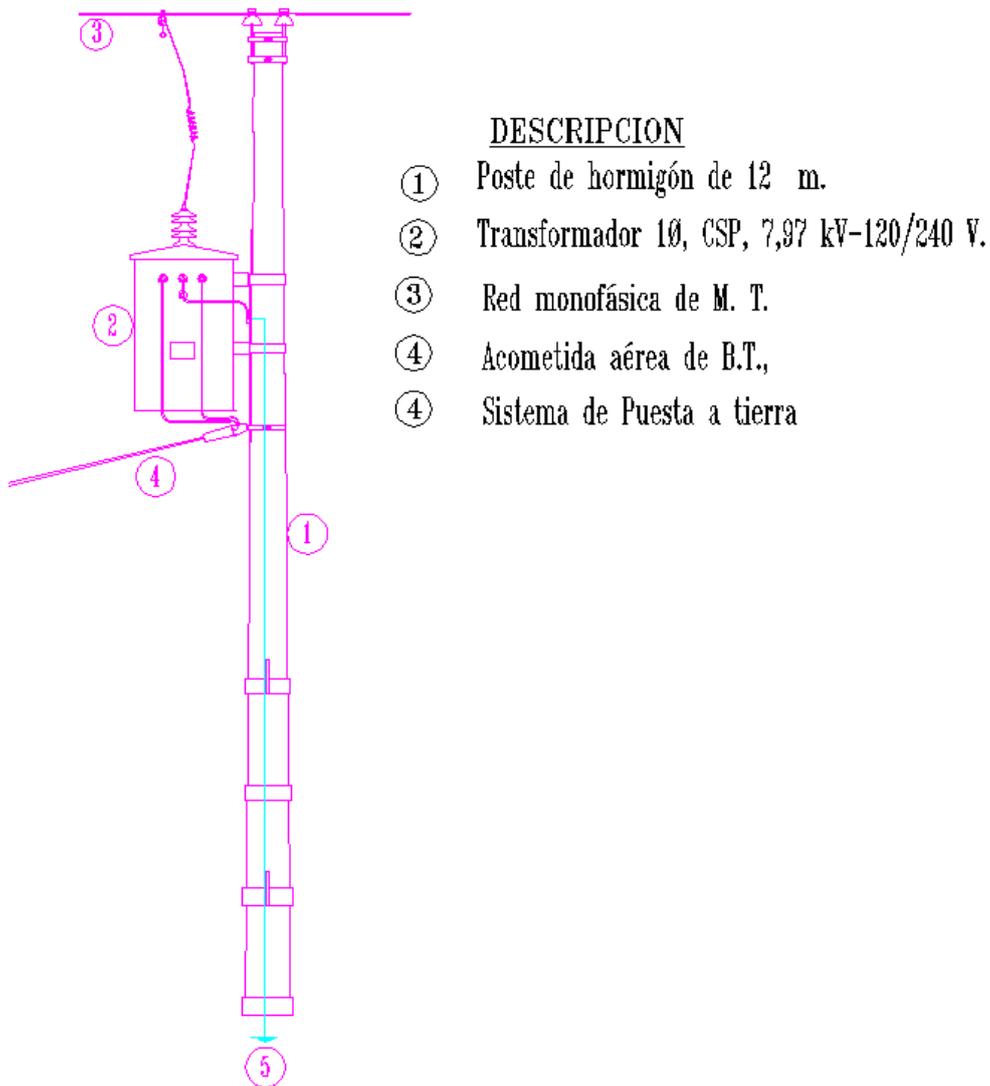


Gráfico No. 30: Esquema de instalación de transformador de distribución y puesta a tierra

Fuente: Investigador (2017)

4.6.2.3. Mejoramiento del factor de potencia de los transformadores del primario Tambo

De acuerdo a lo expuesto por la regulación de calidad de servicio eléctrico CONELEC 004/01, el valor del factor de potencia de las cargas no debe ser menor a 0,92. De acuerdo al análisis realizado se determina que en el alimentador Tambo 20 transformadores de distribución esto es el 6% incumplen con la normativa, adicionalmente se observa que los centros de carga con bajo factor de potencia también reflejan problemas de sobrecarga y altos valores de resistencia de puesta a tierra tal como lo muestra el grafico a continuación:

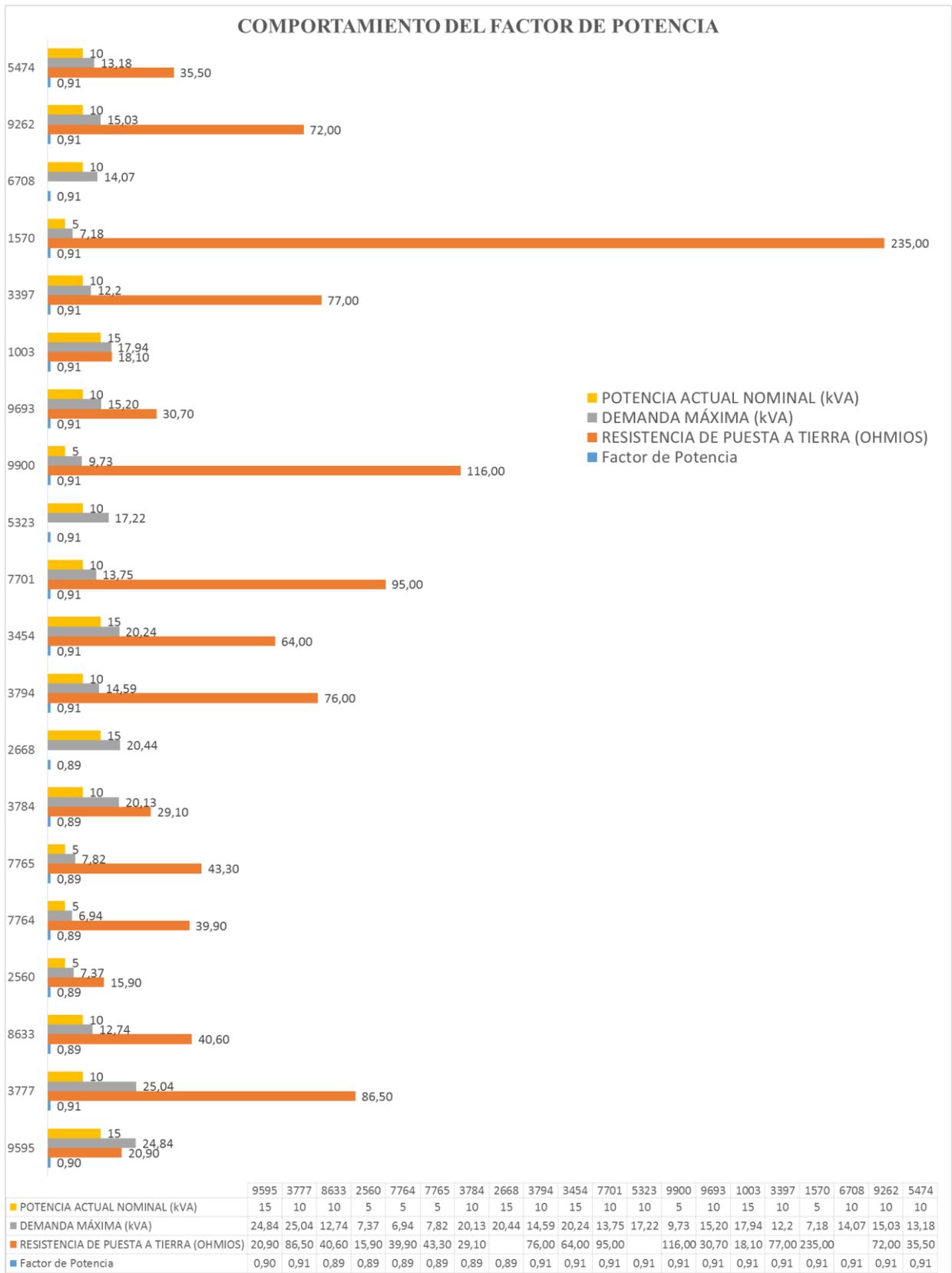


Gráfico No. 31: Transformadores con bajo factor de potencia, alta demanda y elevada resistencia de puesta a tierra

Fuente: Investigador (2017)

Para el mejoramiento del factor de potencia de los 20 centros de carga identificados con esta problemática se propone la compensación de reactivos mediante la instalación de bancos de condensadores en las cargas, adicionalmente con el reemplazo de transformadores sobrecargados, en mal estado, con fallas en el aislamiento y mejoramiento de los sistemas a tierra también se contribuirá a la mejora de este parámetro.

4.6.2.4. Costos de la instalación de transformadores y puestas a tierra

Para la instalación de los transformadores de distribución y puestas a tierra se realizó una cotización de valores correspondientes a mano de obra y materiales los cuales se pueden evidenciar en el anexo 5, correspondiente al presupuesto del proyecto.

4.6.3. Valoración socioeconómica y ambiental de la propuesta

4.6.3.1. Valoración económica

Tabla No. 12: Flujos netos anuales del proyecto

Periodo	Ingresos de facturación anual usuarios alimentador Tambo	Gastos	Flujo neto de efectivo
0 Año			-\$ 152.159,13
1 Año	\$275.673,60	\$192.971,52	\$82.702,08
2 Año	\$278.430,34	\$197.685,54	\$80.744,80
3 Año	\$281.214,64	\$202.474,54	\$78.740,10
4 Año	\$284.026,79	\$207.339,55	\$76.687,23
5 Año	\$286.867,05	\$212.281,62	\$74.585,43
6 Año	\$289.735,72	\$217.301,79	\$72.433,93
7 Año	\$292.633,08	\$222.401,14	\$70.231,94
8 Año	\$295.559,41	\$227.580,75	\$67.978,66
9 Año	\$298.515,01	\$232.841,70	\$65.673,30
10 Año	\$301.500,16	\$238.185,12	\$63.315,03

VAN	\$262.906,52
TIR	51%

Fuente: Investigador (2017)

La tabla anterior muestra los flujos netos de efectivo durante 10 años, para lo cual se tomó en cuenta los ingresos anuales de \$275 673,60 correspondiente a la facturación anual de los usuarios del alimentador Tambo en el año 2 016, dato proporcionado por la EEASA, con un incremento de usuarios proyectado del 1% anual, adicionalmente se ha estimado un costo de inversión de \$152 159,13 para implementación de la propuesta detallado en el Anexo 5, según la EEASA los gastos representan un 70% de los ingresos correspondientes a compra de energía, costos de calidad, expansión, operación y mantenimiento, mismos que cada año aumentan en 1%. Se establece entonces que en un año y cinco meses aproximadamente de implementada la propuesta se recupera la cantidad invertida, por lo tanto en los próximos ocho años y siete meses, existirá una utilidad para inversión en proyectos de \$ 569 645, 63.

Obteniendo un VAN de \$262.906,52 y TIR de 51%, los mismos que muestran la factibilidad del proyecto.

4.6.3.2. Valoración social

El aspecto social de la implementación está directamente relacionado con la mejora del servicio de energía eléctrica a los 10 969 usuarios del alimentador Tambo, incrementado la potencia instalada de 4 802,50 kVA a 5 540 kVA mejorando los índices de calidad en todas sus etapas es decir en la calidad del producto, en la calidad del servicio técnico y del servicio mejorando los índices de eficiencia de la EEASA.

De igual manera con la repotenciación del sistema de distribución del primario Tambo las pérdidas de energía según dato proporcionado por la EEASA se verán disminuidas de un 9,90% a un 9,16% de diciembre del 2016 a diciembre del 2017, mejorando así el suministro de energía a los usuarios del alimentador y disminuyendo las interrupciones del servicio eléctrico.

4.6.3.3. Valoración ambiental

Los transformadores son una fuente importante de bifenilos policlorados (PCB). Los PCB son contaminantes orgánicos persistentes, es decir son sustancias que se acumulan en el medio ambiente. Una vez liberados los PCB suponen una amenaza durante décadas, y crean problemas de salud humana y medioambiental. Tras su vertido en el medio ambiente, se acumulan en la cadena alimentaria, se amplifican en los organismos vivos y son resistentes a la degradación. Estos compuestos se hallan presentes en todos los

medios y ecosistemas: no solo en el aire, el suelo, el agua y los sedimentos, sino también, tras su transmisión, en las plantas, los animales y los seres humanos.

Los efectos negativos de los PCB radican esencialmente en su carácter de disruptores del sistema endocrino.

Durante el desarrollo de la investigación se observó presencia de fugas de aceite dieléctrico en algunos de los centros de carga del primario en estudio, debido a diversos factores como deterioro de los equipos debido al tiempo de operación, fallas en el aislamiento, ausencia e ineficiencia de puestas a tierra, sobrevoltajes en la red eléctrica, cargas excesivas. Con el reemplazo de los 59 transformadores de distribución con altos niveles de carga y 259 mejoramientos de sistemas de puesta a tierra en el alimentador Tambo de la subestación Pelileo de la EEASA, se eliminará inminentes problemas de fugas de aceite dieléctrico y consecuentemente la liberación de PCB's, aportando así positivamente al medioambiente y al entorno humano.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Por lo expuesto en el marco teórico, de acuerdo a las reglamentaciones establecidas por el CONELEC, EEASA y documentos científicos citados en el presente estudio, se estableció los rangos permisibles que deben cumplir los parámetros eléctricos en estudio, por ejemplo se definió que los transformadores de distribución no deben exceder el 30% de sobrecarga con respecto al dato de placa del valor de potencia nominal así como también que el valor de resistencia de puesta a tierra no debe ser mayor a 25 ohmios y el factor de potencia no debe ser inferior a 0,92.
2. Se registró las variables eléctricas sugeridas por la regulación vigente, como la potencia aparente, resistencia de puesta a tierra, voltaje, flicker, distorsión armónica en voltaje, factor de potencia, lo cual permitió tomar decisiones acertadas sobre el diagnóstico actual y se estableció soluciones a la calidad de energía del alimentador Tambo de la subestación Pelileo de la EEASA.
3. Al analizar los diversos parámetros eléctricos medidos, se estableció mediante un diagrama de Pareto que la cargabilidad de los transformadores de distribución,

- bajo factor de potencia y las puestas a tierra del primario Tambo son las variables más críticas a resolver con 59 centros de carga esto es un 17% que requieren un reemplazo urgente, también 20 transformadores es decir un 6% poseen bajo factor de potencia y 259 puestas a tierra es decir un 76 % que incumplen la normativa.
4. Con respecto al análisis económico realizado, se determinó que para la ejecución de la propuesta se requiere una inversión de 152 159,13 dólares, mientras que los ingresos anuales por concepto de facturación a los usuarios del primario Tambo es de 275 673,60 dólares, considerando un 1% de incremento de clientes nuevos se realizó una proyección a diez años estableciendo un VAN de 262.906,52 dólares y una TIR del 51%, valores que justifican la factibilidad del proyecto.

RECOMENDACIONES GENERALES

1. Al Departamento de Reparaciones de la EEASA
Realizar una oportuna y rápida atención a las solicitudes de interrupción de servicio, hurtos de energía, instalación de medidores, que causen bajos índices de calidad de energía eléctrica.
2. Al departamento de Planificación de la EEASA
Coordinar en forma mensual la instalación de registradores de energía tanto en transformadores de distribución como en acometidas de medidores residenciales, con el fin de evaluar de forma permanente la calidad del producto entregado a los clientes, tal como lo establece la regulación CONELEC 004/01.
3. A la Jefatura de sección de control de pérdidas de la EEASA
Mediante los datos recolectados por los equipos de medida, establecer soluciones que propendan disminuir los índices de pérdidas producidas por la existencia de armónicos, bajo factor de potencia y deficientes puestas a tierra.
4. A la Administración de la EEASA
Coordinar de forma oportuna en los comités técnicos, la toma de decisiones adecuadas que propendan mejorar la calidad de energía, elevando la imagen institucional, satisfaciendo los requerimientos de los usuarios y evitando sanciones de los organismos de control (CONELEC).

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, F. (2001). Componentes armónicas en redes de distribución eléctricas. Conceptos, norma vigente en Chile y alternativas de solución al problema. *Revista Marina*.
- Agudelo, L; Velilla, E; López, J. (2014). Estimación de la carga de transformadores de potencia utilizando una red neuronal artificial. *Información tecnológica*, 25(2).
Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642014000200003
- ARCONEL. (2016). Pliego Tarifario Enero - Diciembre 2016. Ecuador.
- Avelino, P. (2001). *Transformadores de distribución: teoría, cálculo, construcción y pruebas*. México: Editorial Reverté S.A.
- Cajas, J. (2015) *Optimización del dimensionamiento de transformadores de distribución en base a su cargabilidad*.(Tesis de pregrado). Quito, Ecuador.
- Carrión, J. (2017). Implementación de una Red Neuronal Artificial para la predicción de la demanda eléctrica corto plazo. *Energía*, (13), 36.
- Consejo Nacional de Electricidad. (2001). Regulación 004/01. *Calidad de producto y servicio eléctrico*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Consejo Nacional de Electricidad. (2002). *Plan Nacional de Electrificación*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Constitución de la Republica del Ecuador . (2008).
- Cruz, L; Carrión, D; Riofrío, A. (2017). *Localización de Fallas Mediante la Transformada Wavelet en Líneas de Transmisión*. *Energía*, 13 (77).
- Empresa Eléctrica Ambato EEASA. (2011). *Guías de diseño*.
- Espina, J (2017). *Carga, demanda y energía eléctrica*. Sector electricidad. 2
- ETAP. (8 de 10 de 2017). *ETAP*. Obtenido de <https://etap.com/>
- Ferreya, D; Gudiño, A; Sada, M. (2013). *Calidad de energía: Medición de parpadeo (flicker) en una instalación urbana*. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
- Gallardo, S. (2015). *Elementos de sistemas de telecomunicaciones* (Primera ed.). Madrid: Paninfo S.A.
- García. (2012). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión* (Séptima ed.). Madrid: Paraninfo.
- Georgia State University. (2009). *Voltaje*. Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/elevol.html>
- Gómez, J. (2005). *Calidad de Potencia: para usuarios y empresas eléctricas*. Buenos Aires, Argentina: 1ra Edición Editorial Edigar S.A.

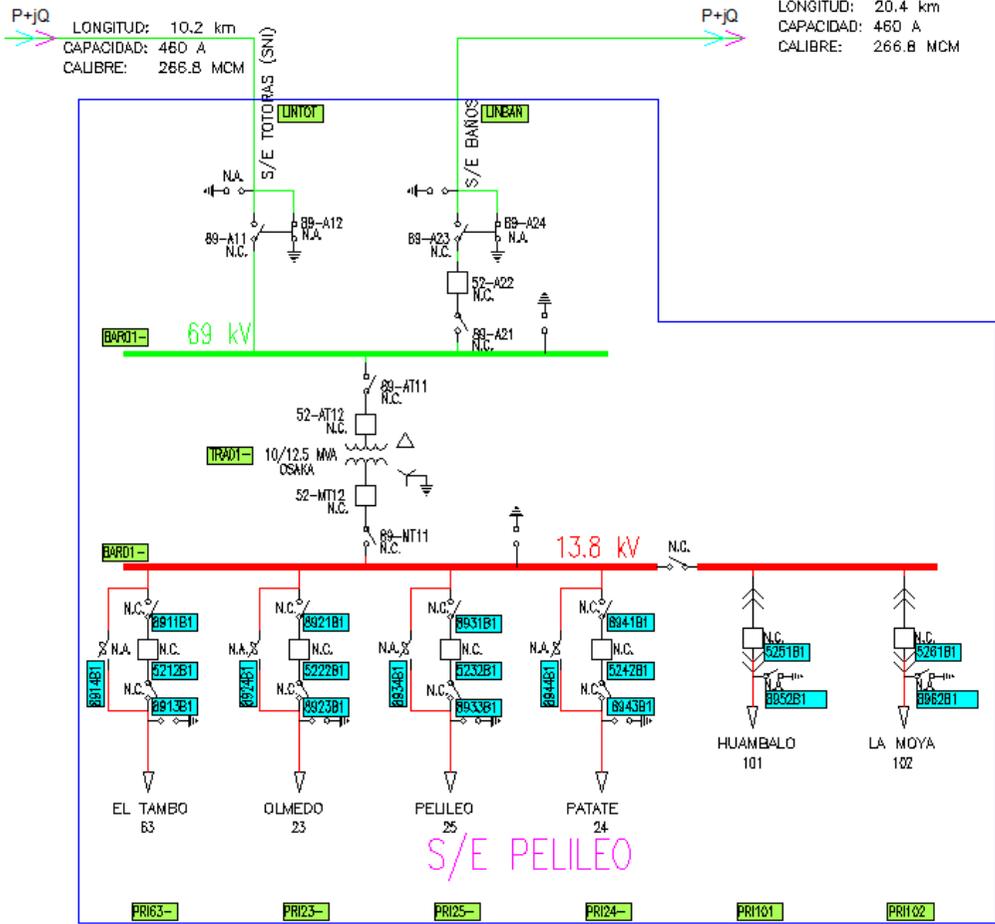
- González, J; Pareja, M; Terol, S. (2013). *Instalaciones de distribución*. Madrid: Editorial Editex S.A.
- Guerrero, R; Melero, V. (2012). *Montaje y mantenimiento de transformadores. ELEE0109 - Montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas de baja tensión* (Primera ed.). Málaga: Edición Innova.
- Guijarro, A. (2013). *Diseño del sistema eléctrico para el salón de uso múltiple de la Unidad Educativa Municipal*. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Guirado, R, Asensi, R, Jurado, F; Carpio, J (2006). *Tecnología eléctrica*. México D.F., México: McGraw-Hill.
- Holguín., & Gómez,D.(2010). *Análisis de calidad de energía eléctrica en el "Nuevo campus" de la Universidad Politecnica Salesiana* (Tesis de pregrado). Universidad Politecnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador.
- Jiménez, O; Cantu, V; Conde, A. (2006). *Distribucion de energía eléctrica*. Nuevo Leon, Mexico.
- Lima, L, Vásquez, C, Luna, M & Poletto,J (2007). *Perdidas no técnicas*. Obtenido de <http://www.afinidadelectrica.com/articulo.php?IdArticulo=264>
- Ramírez, S. (2004). *Redes de Distribución de Energía* (Tercera ed.). Manizales: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Renovable, M. d. (10 de 02 de 2015). *Sitio Web del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*. Obtenido de Sitio Web del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable: <http://www.energia.gob.ec>
- Revista proyecto 987. (2012). *Potencia activa, reactiva y aparente*. Obtenido de http://www.proyecto987.es/corriente_alterna_11.html
- Rodríguez, J; Lorente, D; Ruiz, R; Bosch, E. (2007). Conceptos técnicos fundamentales de la estimulación cardiaca. *Revista Española de Cardiología*, 7. Obtenido de <http://www.revespcardiol.org/es/conceptos-tecnicos-fundamentales-estimulacion-cardiaca/articulo/13110802/>
- Schneider, J. (2001). 5. Detección y filtrado de armónicos. *Automata*. Obtenido de http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/BT/Guia/5_Armonicos
- Sierra, J. (2011). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. Barcelona: Diaz Tuduri.
- Toledano, J; Sanz, J. (2013). *Instalaciones de distribución* (Segunda ed.). Madrid: Paraninfo.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación.
- Trashorras, J. (2013). *Desarrollo de redes eléctricas y centros de transformación* (Primera ed.). 2014: Ediciones Paraninfo S.A.

ANEXOS

Anexo 1. Fichas de observación – Libro de obra de transformadores alimentador Tambo

	EMPRESA ELECTRICA AMBATO S.A.								
	DEPARTAMENTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
ANALISIS DE CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES				LIBRO DE OBRA DIARIO #					
Fecha:		Alimentador:			Personal:				
Vehículo:									
SEGURIDAD EN EL TRABAJO								SI	NO
1.- Uso obligatorio de Equipo de Protección Personal: Casco, Guantes, Gafas, Botas dieléctricas. Durante realización de trabajo.								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.- Condiciones climaticas: Presencia de lluvia. En caso haya presencia de lluvia NO realizar trabajo								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.- Confinación área trabajo: Delimitar el área con Conos, Cinta de Peligro, Luces de parqueo.								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RETIRO REGISTRADORES				HORA INICIO:	HORA FIN:	TOTAL HORAS:			
No EEASA									
Sector referencia									
INSTALACION REGISTRADORES				HORA INICIO:	HORA FIN:	TOTAL HORAS:			
Datos	TRAFO 1	TRAFO 2	TRAFO 3	TRAFO 4	TRAFO 5	TRAFO 6			
No EEASA									
Potencia [KVA]									
No Fases / Fase									
Pos.TAP. Actual									
N° Poste									
Puesta a tierra	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω			
N° Equipo									
Modelo Equipo									
Sector referencia									
Calle principal									
Calle secundaria									
OBSERVACIONES GENERALES:									
TRAFO 1.-									
TRAFO 2.-									
TRAFO 3.-									
TRAFO 4.-									
TRAFO 5.-									
TRAFO 6.-									
PROXIMA INSTALACION REGISTRADORES PROGRAMADA						FECHA:			
No EEASA									
Sector referencia									
REALIZADO POR:			REVISADO POR:			OBSERVACIONES EEASA:		FECHA:	
NOMBRE:			NOMBRE:			NOMBRE:			

Anexo 2: Diagrama unifilar del sistema eléctrico de distribución de la subestación Pelileo de la EEASA



Anexo 3: Ficha de medición de cargabilidad en transformadores públicos del alimentador Tambo

Nº	NÚMERO DE TRAFO	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
1	9595	15	C	TAMBO	24,84	REEMPLAZO URGENTE
2	8301	15	C	TAMBO	8,79	SUBCARGADO
3	10928	30	CBA	TAMBO	17,76	SUBCARGADO
4	11157	25	A	TAMBO	0,33	SOBREDIMENSIONADO
5	3777	10	A	TAMBO	25,04	REEMPLAZO URGENTE
6	9722	30	CAB	TAMBO	31,36	CARGA AL LIMITE
7	8254	15	A	TAMBO	5,56	SOBREDIMENSIONADO
8	2793	15	B	TAMBO	0,59	SOBREDIMENSIONADO
9	3364	15	B	TAMBO	6,56	SOBREDIMENSIONADO
10	3441	25	A	TAMBO	17,28	SUBCARGADO
11	10687	10	A	TAMBO	11,79	REEMPLAZO URGENTE
12	3783	10	A	TAMBO	12,00	REEMPLAZO URGENTE
13	744	5	A	TAMBO	1,14	SOBREDIMENSIONADO
14	10204	5	A	TAMBO	1,55	SOBREDIMENSIONADO
15	8418	15	A	TAMBO	17,72	REEMPLAZO URGENTE
16	3785	15	A	TAMBO	0,70	SOBREDIMENSIONADO
17	8633	10	C	TAMBO	12,74	REEMPLAZO URGENTE
18	10655	5	B	TAMBO	1,82	SOBREDIMENSIONADO
19	10177	15	B	TAMBO	12,46	CUASICARGADO
20	1452	15	B	TAMBO	0,31	SOBREDIMENSIONADO
21	3905	25	B	TAMBO	15,72	SUBCARGADO
22	3903	25	B	TAMBO	15,64	SUBCARGADO
23	3906	10	B	TAMBO	17,00	REEMPLAZO URGENTE
24	10659	5	B	TAMBO	1,83	SOBREDIMENSIONADO
25	6644	15	B	TAMBO	0,20	SOBREDIMENSIONADO
26	6645	25	B	TAMBO	2,96	SOBREDIMENSIONADO
27	2739	5	B	TAMBO	4,84	CARGA AL LIMITE
28	3910	10	B	TAMBO	7,53	SUBCARGADO
29	2560	5	B	TAMBO	7,37	REEMPLAZO URGENTE

Nº	NÚMERO DE TRAF0	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
30	4757	5	B	TAMBO	2,82	SUBCARGADO
31	10241	10	B	TAMBO	9,57	CARGA AL LIMITE
32	3930	37,5	B	TAMBO	3,58	SOBREDIMENSIONADO
33	8927	5	B	TAMBO	0,85	SOBREDIMENSIONADO
34	3928	25	B	TAMBO	0,19	SOBREDIMENSIONADO
35	10173	5	B	TAMBO	1,18	SOBREDIMENSIONADO
36	3911	10	B	TAMBO	4,80	SOBREDIMENSIONADO
37	3508	10	B	TAMBO	5,72	SUBCARGADO
38	7764	5	B	TAMBO	6,94	REEMPLAZO URGENTE
39	3909	10	B	TAMBO	9,80	CARGA AL LIMITE
40	7765	5	B	TAMBO	7,82	REEMPLAZO URGENTE
41	3912	10	B	TAMBO	4,79	SOBREDIMENSIONADO
42	8799	10	B	TAMBO	3,44	SOBREDIMENSIONADO
43	8798	10	B	TAMBO	6,13	SUBCARGADO
44	3914	10	B	TAMBO	7,85	SUBCARGADO
45	7807	15	B	TAMBO	0,38	SOBREDIMENSIONADO
46	7140	5	B	TAMBO	0,58	SOBREDIMENSIONADO
47	3784	10	B	TAMBO	20,13	REEMPLAZO URGENTE
48	8634	10	C	TAMBO	9,30	CUASICARGADO
49	1964	37,5	C	TAMBO	15,57	SOBREDIMENSIONADO
50	3786	10	C	TAMBO	0,46	SOBREDIMENSIONADO
51	4165	15	C	TAMBO	6,64	SOBREDIMENSIONADO
52	6632	10	C	TAMBO	9,16	CUASICARGADO
53	2668	15	C	TAMBO	20,44	REEMPLAZO URGENTE
54	3794	10	C	TAMBO	14,59	REEMPLAZO URGENTE
55	9557	10	C	TAMBO	0,56	SOBREDIMENSIONADO
56	3790	10	C	TAMBO	6,33	SUBCARGADO
57	9533	5	C	TAMBO	2,03	SOBREDIMENSIONADO
58	9547	10	c	TAMBO	4,77	SOBREDIMENSIONADO
59	1874	15	C	TAMBO	13,41	CUASICARGADO
60	3798	10	C	TAMBO	0,42	SOBREDIMENSIONADO
61	3795	25	C	TAMBO	8,35	SOBREDIMENSIONADO

N°	NÚMERO DE TRAF0	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
62	3799	15	C	TAMBO	6,22	SOBREDIMENSIONADO
63	3793	15	C	TAMBO	0,80	SOBREDIMENSIONADO
64	3901	15	C	TAMBO	0,39	SOBREDIMENSIONADO
65	3791	10	C	TAMBO	3,47	SOBREDIMENSIONADO
66	6643	10	C	TAMBO	17,53	REEMPLAZO URGENTE
67	5640	10	C	TAMBO	5,24	SUBCARGADO
68	3933	15	C	TAMBO	0,38	SOBREDIMENSIONADO
69	3931	25	C	TAMBO	3,66	SOBREDIMENSIONADO
70	6011	10	C	TAMBO	4,33	SOBREDIMENSIONADO
71	1446	10	C	TAMBO	5,79	SUBCARGADO
72	3932	15	C	TAMBO	5,56	SOBREDIMENSIONADO
73	3225	10	C	TAMBO	0,72	SOBREDIMENSIONADO
74	3948	10	C	TAMBO	4,16	SOBREDIMENSIONADO
75	6854	10	C	TAMBO	7,05	SUBCARGADO
76	6850	10	C	TAMBO	4,19	SOBREDIMENSIONADO
77	6851	10	C	TAMBO	0,96	SOBREDIMENSIONADO
78	6853	10	C	TAMBO	0,95	SOBREDIMENSIONADO
79	6852	10	C	TAMBO	0,99	SOBREDIMENSIONADO
80	6805	15	C	TAMBO	5,90	SOBREDIMENSIONADO
81	6953	5	C	TAMBO	1,12	SOBREDIMENSIONADO
82	6886	10	C	TAMBO	1,22	SOBREDIMENSIONADO
83	9527	10	C	TAMBO	4,22	SOBREDIMENSIONADO
84	9521	10	C	TAMBO	0,84	SOBREDIMENSIONADO
85	9259	10	C	TAMBO	6,87	SUBCARGADO
86	7478	25	C	TAMBO	29,39	REEMPLAZO URGENTE
87	3797	15	C	TAMBO	6,00	SOBREDIMENSIONADO
88	3902	10	C	TAMBO	7,93	SUBCARGADO
89	9538	10	C	TAMBO	3,95	SOBREDIMENSIONADO
90	10906	37,5	A	TAMBO	0,56	SOBREDIMENSIONADO
91	5779	15	A	TAMBO	23,48	REEMPLAZO URGENTE
92	6543	37,5	A	TAMBO	1,86	SOBREDIMENSIONADO
93	3369	25	B	TAMBO	21,31	CUASICARGADO

N°	NÚMERO DE TRAF0	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
94	3687	25	A	TAMBO	14,59	SUBCARGADO
95	1844	45	CAB	TAMBO	18,97	SOBREDIMENSIONADO
96	9160	30	CAB	TAMBO	1,59	SOBREDIMENSIONADO
97	6523	10	C	TAMBO	0,12	SOBREDIMENSIONADO
98	10637	5	A	TAMBO	1,98	SOBREDIMENSIONADO
99	3372	10	A	TAMBO	7,01	SUBCARGADO
100	7099	37,5	C	TAMBO	0,34	SOBREDIMENSIONADO
101	1800	10	C	TAMBO	7,76	SUBCARGADO
102	11178	50	CAB	TAMBO	43,05	CUASICARGADO
103	217	25	CAB	TAMBO	39,64	REEMPLAZO URGENTE
104	1998	10	B	TAMBO	6,73	SUBCARGADO
105	7092	15	A	TAMBO	3,77	SOBREDIMENSIONADO
106	4513	25	A	TAMBO	24,71	CARGA AL LIMITE
107	5562	50	CAB	TAMBO	33,34	SUBCARGADO
108	10940	45	BAC	TAMBO	19,91	SOBREDIMENSIONADO
109	5399	25	B	TAMBO	0,70	SOBREDIMENSIONADO
110	5808	25	B	TAMBO	0,34	SOBREDIMENSIONADO
111	3952	10	B	TAMBO	14,82	REEMPLAZO URGENTE
112	1028	15	C	TAMBO	3,43	SOBREDIMENSIONADO
113	4159	30	CAB	TAMBO	12,35	SOBREDIMENSIONADO
114	1039	30	CAB	TAMBO	11,99	SOBREDIMENSIONADO
115	1273	5	C	TAMBO	0,91	SOBREDIMENSIONADO
116	8637	10	C	TAMBO	0,81	SOBREDIMENSIONADO
117	7814	10	C	TAMBO	4,13	SOBREDIMENSIONADO
118	9177	30	CAB	TAMBO	23,11	SUBCARGADO
119	4426	15	CAB	TAMBO	9,16	SUBCARGADO
120	7815	10	C	TAMBO	0,54	SOBREDIMENSIONADO
121	5116	15	C	TAMBO	4,98	SOBREDIMENSIONADO
122	7781	10	C	TAMBO	8,01	CUASICARGADO
123	3494	15	C	TAMBO	3,37	SOBREDIMENSIONADO
124	7880	10	C	TAMBO	13,98	REEMPLAZO URGENTE
125	8216	5	C	TAMBO	3,10	SUBCARGADO

N°	NÚMERO DE TRAF0	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
126	8221	5	C	TAMBO	5,06	CARGA AL LIMITE
127	8213	5	C	TAMBO	2,18	SOBREDIMENSIONADO
128	8215	5	C	TAMBO	6,61	REEMPLAZO URGENTE
129	10206	5	C	TAMBO	7,00	REEMPLAZO URGENTE
130	8217	5	C	TAMBO	2,46	SOBREDIMENSIONADO
131	8218	5	C	TAMBO	3,27	SUBCARGADO
132	8214	5	C	TAMBO	0,81	SOBREDIMENSIONADO
133	8210	5	C	TAMBO	1,91	SOBREDIMENSIONADO
134	8225	5	C	TAMBO	3,25	SUBCARGADO
135	8224	5	C	TAMBO	2,41	SOBREDIMENSIONADO
136	7631	10	C	TAMBO	7,98	SUBCARGADO
137	5363	10	C	TAMBO	4,11	SOBREDIMENSIONADO
138	8302	10	C	TAMBO	2,31	SOBREDIMENSIONADO
139	7875	10	C	TAMBO	3,03	SOBREDIMENSIONADO
140	6151	15	C	TAMBO	1,48	SOBREDIMENSIONADO
141	7876	10	C	TAMBO	4,62	SOBREDIMENSIONADO
142	7779	10	C	TAMBO	1,75	SOBREDIMENSIONADO
143	8409	10	C	TAMBO	0,29	SOBREDIMENSIONADO
144	1801	15	B	TAMBO	0,37	SOBREDIMENSIONADO
145	1802	25	A	TAMBO	35,13	REEMPLAZO URGENTE
146	1052	50	B	TAMBO	61,52	REEMPLAZO URGENTE
147	8203	37,5	B	TAMBO	26,46	SUBCARGADO
148	6330	15	C	TAMBO	0,09	SOBREDIMENSIONADO
149	2191	25	B	TAMBO	18,01	SUBCARGADO
150	5389	25	B	TAMBO	14,22	SUBCARGADO
151	4058	25	A	TAMBO	0,25	SOBREDIMENSIONADO
152	6713	10	A	TAMBO	0,00	SOBREDIMENSIONADO
153	5977	5	C	TAMBO	2,29	SOBREDIMENSIONADO
154	3653	10	C	TAMBO	0,53	SOBREDIMENSIONADO
155	8231	5	B	TAMBO	3,03	SUBCARGADO
156	8885	10	C	TAMBO	3,26	SOBREDIMENSIONADO
157	7851	10	C	TAMBO	5,01	SUBCARGADO

N°	NÚMERO DE TRAF0	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
158	4685	10	C	TAMBO	7,38	SUBCARGADO
159	9387	5	C	TAMBO	1,21	SOBREDIMENSIONADO
160	2518	10	A	TAMBO	2,75	SOBREDIMENSIONADO
161	3401	10	A	TAMBO	6,00	SUBCARGADO
162	3616	10	C	TAMBO	5,70	SUBCARGADO
163	6845	15	C	TAMBO	0,29	SOBREDIMENSIONADO
164	6839	15	C	TAMBO	9,74	SUBCARGADO
165	6841	15	B	TAMBO	7,97	SUBCARGADO
166	6842	15	A	TAMBO	13,21	CUASICARGADO
167	6029	15	C	TAMBO	4,94	SOBREDIMENSIONADO
168	2473	10	B	TAMBO	7,40	SUBCARGADO
169	4537	15	C	TAMBO	18,58	REEMPLAZO URGENTE
170	4240	25	B	TAMBO	0,93	SOBREDIMENSIONADO
171	3433	25	C	TAMBO	10,81	SOBREDIMENSIONADO
172	7741	5	B	TAMBO	4,06	CUASICARGADO
173	3434	10	A	TAMBO	7,37	SUBCARGADO
174	7702	10	A	TAMBO	2,84	SOBREDIMENSIONADO
175	3904	25	B	TAMBO	0,38	SOBREDIMENSIONADO
176	4482	25	A	TAMBO	30,84	REEMPLAZO URGENTE
177	2237	25	B	TAMBO	25,61	CARGA AL LIMITE
178	3411	15	B	TAMBO	15,00	CARGA AL LIMITE
179	3507	15	C	TAMBO	0,59	SOBREDIMENSIONADO
180	4312	10	A	TAMBO	10,42	CARGA AL LIMITE
181	3415	15	B	TAMBO	22,33	REEMPLAZO URGENTE
182	8619	15	B	TAMBO	8,72	SUBCARGADO
183	3413	15	B	TAMBO	7,93	SUBCARGADO
184	8602	10	B	TAMBO	4,58	SOBREDIMENSIONADO
185	5602	10	B	TAMBO	0,56	SOBREDIMENSIONADO
186	3013	15	C	TAMBO	16,51	REEMPLAZO URGENTE
187	4146	15	C	TAMBO	23,34	REEMPLAZO URGENTE
188	8747	10	A	TAMBO	2,89	SOBREDIMENSIONADO
189	8724	25	A	TAMBO	3,29	SOBREDIMENSIONADO

N°	NÚMERO DE TRAF0	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
190	7469	15	B	TAMBO	9,48	SUBCARGADO
191	3419	15	B	TAMBO	1,47	SOBREDIMENSIONADO
192	9031	15	C	TAMBO	17,41	REEMPLAZO URGENTE
193	8923	5	C	TAMBO	1,42	SOBREDIMENSIONADO
194	8935	10	C	TAMBO	7,39	SUBCARGADO
195	9195	10	C	TAMBO	10,76	SOBRECARGADO
196	4937	10	C	TAMBO	5,25	SUBCARGADO
197	3424	15	C	TAMBO	0,55	SOBREDIMENSIONADO
198	8490	10	C	TAMBO	3,94	SOBREDIMENSIONADO
199	8912	5	C	TAMBO	14,09	REEMPLAZO URGENTE
200	4753	10	A	TAMBO	7,71	SUBCARGADO
201	8255	15	A	TAMBO	3,32	SOBREDIMENSIONADO
202	8390	15	A	TAMBO	5,47	SOBREDIMENSIONADO
203	6357	15	A	TAMBO	7,36	SOBREDIMENSIONADO
204	7168	5	B	TAMBO	4,45	CUASICARGADO
205	408	25	C	TAMBO	26,25	SOBRECARGADO
206	7479	10	C	TAMBO	9,20	CUASICARGADO
207	3353	15	C	TAMBO	9,83	SUBCARGADO
208	4739	10	A	TAMBO	4,67	SOBREDIMENSIONADO
209	7374	15	A	TAMBO	4,11	SOBREDIMENSIONADO
210	8873	10	A	TAMBO	2,78	SOBREDIMENSIONADO
211	8976	10	A	TAMBO	2,68	SOBREDIMENSIONADO
212	2004	10	A	TAMBO	4,08	SOBREDIMENSIONADO
213	4222	10	A	TAMBO	4,42	SOBREDIMENSIONADO
214	9323	15	A	TAMBO	6,38	SOBREDIMENSIONADO
215	6703	10	A	TAMBO	14,36	REEMPLAZO URGENTE
216	3354	10	A	TAMBO	3,80	SOBREDIMENSIONADO
217	3481	25	A	TAMBO	13,74	SUBCARGADO
218	9197	5	A	TAMBO	5,54	REEMPLAZO URGENTE
219	8663	10	A	TAMBO	5,53	SUBCARGADO
220	3082	10	A	TAMBO	7,23	SUBCARGADO
221	4225	10	A	TAMBO	4,19	SOBREDIMENSIONADO

N°	NÚMERO DE TRAF0	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
222	1678	10	A	TAMBO	3,68	SOBREDIMENSIONADO
223	9626	10	A	TAMBO	3,32	SOBREDIMENSIONADO
224	5158	10	A	TAMBO	6,78	SUBCARGADO
225	3496	10	A	TAMBO	4,29	SOBREDIMENSIONADO
226	6091	10	A	TAMBO	17,08	REEMPLAZO URGENTE
227	7804	15	A	TAMBO	1,47	SOBREDIMENSIONADO
228	7805	15	A	TAMBO	10,52	SUBCARGADO
229	10246	15	A	TAMBO	2,58	SOBREDIMENSIONADO
230	7328	25	A	TAMBO	15,01	SUBCARGADO
231	10337	10	A	TAMBO	2,70	SOBREDIMENSIONADO
232	10338	10	A	TAMBO	4,46	SOBREDIMENSIONADO
233	10298	10	A	TAMBO	2,25	SOBREDIMENSIONADO
234	7391	5	A	TAMBO	9,67	REEMPLAZO URGENTE
235	7390	5	A	TAMBO	0,01	SOBREDIMENSIONADO
236	7357	10	A	TAMBO	7,18	SUBCARGADO
237	7359	10	A	TAMBO	8,10	CUASICARGADO
238	7065	15	A	TAMBO	6,58	SOBREDIMENSIONADO
239	1427	25	A	TAMBO	7,69	SOBREDIMENSIONADO
240	4896	10	A	TAMBO	7,41	SUBCARGADO
241	7064	15	A	TAMBO	12,91	CUASICARGADO
242	7063	15	A	TAMBO	12,96	CUASICARGADO
243	7074	10	A	TAMBO	4,06	SOBREDIMENSIONADO
244	1762	10	A	TAMBO	0,80	SOBREDIMENSIONADO
245	8304	10	A	TAMBO	3,94	SOBREDIMENSIONADO
246	98	10	A	TAMBO	0,25	SOBREDIMENSIONADO
247	5776	10	A	TAMBO	2,43	SOBREDIMENSIONADO
248	4476	15	A	TAMBO	11,98	SUBCARGADO
249	1168	10	A	TAMBO	19,37	REEMPLAZO URGENTE
250	307	10	A	TAMBO	16,01	REEMPLAZO URGENTE
251	5162	10	A	TAMBO	12,83	REEMPLAZO URGENTE
252	2037	5	A	TAMBO	3,33	SUBCARGADO
253	3954	10	A	TAMBO	1,58	SOBREDIMENSIONADO

N°	NÚMERO DE TRAF0	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
254	9388	5	A	TAMBO	0,26	SOBREDIMENSIONADO
255	1424	10	A	TAMBO	5,28	SUBCARGADO
256	3107	10	A	TAMBO	19,24	REEMPLAZO URGENTE
257	4606	10	A	TAMBO	3,96	SOBREDIMENSIONADO
258	5451	10	A	TAMBO	4,20	SOBREDIMENSIONADO
259	5630	10	A	TAMBO	4,58	SOBREDIMENSIONADO
260	4042	10	A	TAMBO	3,08	SOBREDIMENSIONADO
261	5856	15	A	TAMBO	4,68	SOBREDIMENSIONADO
262	5857	10	A	TAMBO	8,03	CUASICARGADO
263	3613	10	A	TAMBO	4,60	SOBREDIMENSIONADO
264	2839	10	A	TAMBO	2,61	SOBREDIMENSIONADO
265	4166	10	A	TAMBO	5,25	SUBCARGADO
266	8303	10	A	TAMBO	11,34	REEMPLAZO URGENTE
267	4604	10	A	TAMBO	3,28	SOBREDIMENSIONADO
268	678	10	A	TAMBO	16,47	REEMPLAZO URGENTE
269	9512	5	B	TAMBO	2,36	SOBREDIMENSIONADO
270	7695	5	A	TAMBO	12,86	REEMPLAZO URGENTE
271	6893	10	A	TAMBO	9,41	CUASICARGADO
272	7694	5	A	TAMBO	2,08	SOBREDIMENSIONADO
273	3035	15	A	TAMBO	7,12	SOBREDIMENSIONADO
274	8478	10	A	TAMBO	8,98	CUASICARGADO
275	9816	10	A	TAMBO	12,37	REEMPLAZO URGENTE
276	9559	10	C	TAMBO	14,35	REEMPLAZO URGENTE
277	8477	10	A	TAMBO	13,33	REEMPLAZO URGENTE
278	9827	15	A	TAMBO	11,77	SUBCARGADO
279	8947	5	C	TAMBO	0,75	SOBREDIMENSIONADO
280	4694	10	C	TAMBO	8,70	CUASICARGADO
281	3454	15	C	TAMBO	20,24	REEMPLAZO URGENTE
282	3430	25	C	TAMBO	13,39	SUBCARGADO
283	1785	10	C	TAMBO	3,80	SOBREDIMENSIONADO
284	7701	10	C	TAMBO	13,75	REEMPLAZO URGENTE
285	3432	25	C	TAMBO	3,07	SOBREDIMENSIONADO

N°	NÚMERO DE TRAF0	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
286	5323	10	C	TAMBO	17,22	REEMPLAZO URGENTE
287	9900	5	B	TAMBO	9,73	REEMPLAZO URGENTE
288	9266	15	C	TAMBO	7,89	SUBCARGADO
289	339	50	C	TAMBO	38,35	SUBCARGADO
290	10527	37,5	C	TAMBO	12,32	SOBREDIMENSIONADO
291	11033	37,5	A	TAMBO	29,62	SUBCARGADO
292	5144	37,5	C	TAMBO	25,27	SUBCARGADO
293	10232	37,5	C	TAMBO	13,50	SOBREDIMENSIONADO
294	6364	25	A	TAMBO	11,64	SOBREDIMENSIONADO
295	3554	25	C	TAMBO	16,34	SUBCARGADO
296	471	25	A	TAMBO	8,03	SOBREDIMENSIONADO
297	693	15	B	TAMBO	17,03	REEMPLAZO URGENTE
298	9629	5	C	TAMBO	12,04	REEMPLAZO URGENTE
299	9693	10	A	TAMBO	15,20	REEMPLAZO URGENTE
300	9828	15	C	TAMBO	16,38	SOBRECARGADO
301	3400	10	A	TAMBO	15,37	REEMPLAZO URGENTE
302	10955	10	A	TAMBO	4,48	SOBREDIMENSIONADO
303	5661	15	B	TAMBO	13,65	CUASICARGADO
304	9694	10	B	TAMBO	15,67	REEMPLAZO URGENTE
305	5438	30	CAB	TAMBO	10,41	SOBREDIMENSIONADO
306	5767	10	C	TAMBO	7,28	SUBCARGADO
307	1003	15	C	TAMBO	17,94	REEMPLAZO URGENTE
308	6890	10	C	TAMBO	3,31	SOBREDIMENSIONADO
309	3397	10	B	TAMBO	12,20	REEMPLAZO URGENTE
310	9268	15	B	TAMBO	11,37	SUBCARGADO
311	6889	10	C	TAMBO	8,96	CUASICARGADO
312	8285	10	C	TAMBO	2,97	SOBREDIMENSIONADO
313	3165	37,5	C	TAMBO	5,98	SOBREDIMENSIONADO
314	2714	15	A	TAMBO	9,18	SUBCARGADO
315	2658	10	C	TAMBO	7,63	SUBCARGADO
316	7419	10	C	TAMBO	6,61	SUBCARGADO
317	1570	5	C	TAMBO	7,18	REEMPLAZO URGENTE

N°	NÚMERO DE TRAF0	POTENCIA	FASES DE CONEXIÓN	ALIMENTADOR	DEMANDA MÁX.	ESTADO
318	6708	10	C	TAMBO	14,07	REEMPLAZO URGENTE
319	8892	10	C	TAMBO	9,29	CUASICARGADO
320	6871	10	C	TAMBO	1,28	SOBREDIMENSIONADO
321	3385	15	C	TAMBO	4,35	SOBREDIMENSIONADO
322	6865	10	C	TAMBO	9,21	CUASICARGADO
323	6866	10	C	TAMBO	8,85	CUASICARGADO
324	4445	15	C	TAMBO	11,54	SUBCARGADO
325	6868	10	C	TAMBO	6,06	SUBCARGADO
326	9263	10	C	TAMBO	3,28	SOBREDIMENSIONADO
327	9262	10	C	TAMBO	15,03	REEMPLAZO URGENTE
328	9256	10	C	TAMBO	3,04	SOBREDIMENSIONADO
329	5314	10	C	TAMBO	6,02	SUBCARGADO
330	6858	10	C	TAMBO	8,36	CUASICARGADO
331	6849	10	C	TAMBO	1,16	SOBREDIMENSIONADO
332	10997	10	C	TAMBO	9,15	CUASICARGADO
333	5474	10	A	TAMBO	13,18	REEMPLAZO URGENTE
334	9260	10	A	TAMBO	2,94	SOBREDIMENSIONADO
335	9255	10	A	TAMBO	2,13	SOBREDIMENSIONADO
336	9257	10	A	TAMBO	4,34	SOBREDIMENSIONADO
337	10743	25	B	TAMBO	10,96	SOBREDIMENSIONADO
338	5473	10	B	TAMBO	5,50	SUBCARGADO
339	3382	15	A	TAMBO	9,12	SUBCARGADO
340	7420	10	A	TAMBO	10,62	SOBRECARGADO
341	1953	25	C	TAMBO	7,34	SOBREDIMENSIONADO
342	11338	25	A	TAMBO	10,75	SOBREDIMENSIONADO
343	6238	15	B	TAMBO	10,43	SUBCARGADO

Anexo 4: Análisis de transformadores sobrecargados del alimentador Tambo según la regulación CONELEC 004/01

N.	TRAFOS SOBRECARGADOS	DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA	POTENCIA NOMINAL ACTUAL	POTENCIA DE REEMPLAZO SUGERIDA	POSICIÓN DEL TAP	VOLTAJES %			FLICKERS (PST) %			THDV %			III ARMÓNICO %			PUESTA A TIERRA (D)		FACTOR DE POTENCIA	
						FASEA	FASE B	FASE C	FASEA	FASE B	FASE C	FASEA	FASE B	FASE C	FASEA	FASE B	FASE C				
1	9595	24,84	15	37,5	4	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,90	No cumple	0,90	No cumple
2	3777	25,04	10	37,5	2	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,50	No cumple	0,91	No cumple
3	10687	11,79	10	15	4	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	72,00	No cumple	0,93	Si cumple
4	3783	12,00	10	15	4	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	No posee	No cumple	0,93	Si cumple
5	8418	17,72	15	25	2	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	Si cumple	0,92	Si cumple
6	8633	12,74	10	15	2	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	105 valores por fase fuera del rango que representa el 10,42	126 valores por fase fuera del rango que	0,00	40,60	No cumple	0,89	No cumple
7	3906	17,00	10	25	2	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,60	Si cumple	0,92	Si cumple
8	2560	7,37	5	10	3	28 valores por fase fuera del rango que representa el 2,77 %			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,90	Si cumple	0,89	No cumple
9	7764	6,94	5	10	2	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	14 valores por fase fuera del rango que	0,00	133 valores por fase fuera del rango que representa el 13,19	161 valores por fase fuera del rango que	0,00	39,90	No cumple	0,89	No cumple
10	7765	7,82	5	10	4	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			70 valores por fase fuera del rango que	0,00	0,00	154 valores por fase fuera del rango que representa el 15,28	133 valores por fase fuera del rango que	0,00	43,30	No cumple	0,89	No cumple
11	3784	20,13	10	25	2	7 valores por fase fuera del rango que representa el 0,69 %			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,10	No cumple	0,89	No cumple
12	2668	20,44	15	25	2	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	119 valores por fase fuera del rango que representa el 11,81	0,00	0,00	No posee	No cumple	0,89	No cumple
13	3794	14,59	10	25	2	78 valores por fase fuera del rango que representa el 7,73 %			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,00	No cumple	0,91	No cumple
14	6643	17,53	10	25	2	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	No cumple	0,94	Si cumple
15	7478	29,39	25	37,5	4	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	51,00	No cumple	0,94	Si cumple
16	5779	23,48	15	37,5	4	Cumplen con la regulación			Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57,00	No cumple	0,94	Si cumple
17	217	39,64	30	50	2	Cumplen con la regulación			28 valores por fase fuera del rango que representa el 2,77 %	67 valores por fase fuera del rango que representa el 6,64 %	302 valores por fase fuera del rango que representa el 29,96 %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,00	Si cumple	0,94	Si cumple
18	3952	14,82	10	25	4	Cumplen con la regulación			98 valores por fase fuera del rango que representa el 9,72 %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	62,00	No cumple	0,94	Si cumple
19	7880	13,98	10	25	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,50	No cumple	0,94	Si cumple
20	8215	6,61	5	10	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,90	No cumple	0,94	Si cumple

N.	TRAFOS SOBRECARGADOS	DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA	POENCIA NOMINAL ACTUAL	POENCIA DE REEMPLAZO SUGERIDA	POSICIÓN DEL TAP	VOLTAJES %			FLICKERS (PST) %			THDV %			III ARMÓNICO %			PUSTA A TIERRA (Ω)		FACTOR DE POENCIA		
						FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C					
21	10206	7,00	5	10	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,90	No cumple	0,94	Si cumple
22	1802	35,13	25	37,5	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,90	No cumple	0,94	Si cumple
23	1052	61,52	50	75		Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,00	No cumple	0,94	Si cumple
24	4537	18,58	15	25	4	Cumplen con la regulación			0,00	14 valores por fase fuera del rango que representa el 1,38 %	0,00	0,00	0,00	0,00	140 valores por fase fuera del rango que representa el 13,89 %	105 valores por fase fuera del rango que representa el 10,42 %	0,00	No posee	No cumple	0,94	Si cumple	
25	4482	30,84	25	37,5	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	266 valores por fase fuera del rango que representa el 26,39 %	322 valores por fase fuera del rango que representa el 31,94 %	0,00	No posee	No cumple	0,92	Si cumple	
26	3415	22,33	15	25	2	7 valores por fase fuera del rango que representa el 0,69 %			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	140 valores por fase fuera del rango que representa el 13,89 %	154 valores por fase fuera del rango que representa el 15,28 %	0,00	21,50	Si cumple	0,92	Si cumple	
27	3013	16,51	15	25	4	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	168 valores por fase fuera del rango que representa el 16,67 %	147 valores por fase fuera del rango que representa el 14,58 %	0,00	45,00	No cumple	0,92	Si cumple	
28	4146	23,34	15	37,5	4	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	147 valores por fase fuera del rango que representa el 14,58 %	140 valores por fase fuera del rango que representa el 13,89 %	0,00	21,10	Si cumple	0,92	Si cumple	
29	9031	17,41	15	37,5	5	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	140 valores por fase fuera del rango que representa el 13,89 %	140 valores por fase fuera del rango que representa el 13,89 %	0,00	No posee	No cumple	0,92	Si cumple	
30	8912	14,09	5	25	5	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154 valores por fase fuera del rango que representa el 15,28 %	154 valores por fase fuera del rango que representa el 15,28 %	0,00	60,00	No cumple	0,92	Si cumple	
31	6703	14,36	10	25	3	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	119 valores por fase fuera del rango que representa el 11,30 %	105 valores por fase fuera del rango que representa el 10,41 %	0,00	189 valores por fase fuera del rango que representa el 18,75 %	182 valores por fase fuera del rango que representa el 18,06 %	0,00	27,80	No cumple	0,92	Si cumple	
32	9197	5,54	5	10	3	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	18 valores por fase fuera del rango que representa el 1,78 %	18 valores por fase fuera del rango que representa el 1,78 %	0,00	217 valores por fase fuera del rango que representa el 21,53 %	210 valores por fase fuera del rango que representa el 20,83 %	0,00	53,00	No cumple	0,92	Si cumple	
33	6091	17,08	10	25	3	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	133 valores por fase fuera del rango que representa el 13,19 %	133 valores por fase fuera del rango que representa el 13,19 %	0,00	210 valores por fase fuera del rango que representa el 20,83 %	210 valores por fase fuera del rango que representa el 20,83 %	0,00	30,10	No cumple	0,92	Si cumple	
34	7391	9,67	5	15	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	147 valores por fase fuera del rango que representa el 14,58 %	140 valores por fase fuera del rango que representa el 13,88 %	0,00	224 valores por fase fuera del rango que representa el 22,22 %	217 valores por fase fuera del rango que representa el 21,53 %	0,00	No posee	No cumple	0,92	Si cumple	
35	1168	19,37	10	25	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	154 valores por fase fuera del rango que representa el 15,27 %	175 valores por fase fuera del rango que representa el 17,36 %	0,00	245 valores por fase fuera del rango que representa el 24,31 %	259 valores por fase fuera del rango que representa el 25,69 %	0,00	25,00	Si cumple	0,92	Si cumple	
36	307	16,01	10	25	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	161 valores por fase fuera del rango que representa el 15,97 %	161 valores por fase fuera del rango que representa el 15,97 %	0,00	224 valores por fase fuera del rango que representa el 22,22 %	231 valores por fase fuera del rango que representa el 22,92 %	0,00	No posee	No cumple	0,92	Si cumple	
37	5162	12,83	10	15	3	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	161 valores por fase fuera del rango que representa el 15,97 %	161 valores por fase fuera del rango que representa el 15,97 %	0,00	231 valores por fase fuera del rango que representa el 22,92 %	245 valores por fase fuera del rango que representa el 24,31 %	0,00	27,50	No cumple	0,92	Si cumple	
38	3107	19,24	10	25	3	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	154 valores por fase fuera del rango que representa el 15,27 %	147 valores por fase fuera del rango que representa el 14,58 %	0,00	217 valores por fase fuera del rango que representa el 21,53 %	210 valores por fase fuera del rango que representa el 20,83 %	0,00	No posee	No cumple	0,92	Si cumple	
39	8303	11,34	10	15	3	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	196 valores por fase fuera del rango que representa el 19,44 %	189 valores por fase fuera del rango que representa el 18,75 %	0,00	350 valores por fase fuera del rango que representa el 34,72 %	350 valores por fase fuera del rango que representa el 34,72 %	0,00	37,00	No cumple	0,92	Si cumple	
40	678	16,47	10	25	3	Cumplen con la regulación			280 valores por fase fuera del rango que representa el 27,77 %	280 valores por fase fuera del rango que representa el 27,77 %	0,00	140 valores por fase fuera del rango que representa el 13,88 %	140 valores por fase fuera del rango que representa el 13,88 %	0,00	217 valores por fase fuera del rango que representa el 21,53 %	217 valores por fase fuera del rango que representa el 21,53 %	0,00	No posee	No cumple	0,92	Si cumple	

N.	TRAFOS SOBRECARGADOS	DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA	POTENCIA NOMINAL ACTUAL	POTENCIA DE REMPLAZO SUGERIDA	POSICIÓN DEL TAP	VOLTAJES %			FLICKERS (PST) %			THDV %			III ARMÓNICO %			PUESTA A TIERRA (D)		FACTOR DE POTENCIA	
						FASEA	FASEB	FASEC	FASEA	FASEB	FASEC	FASEA	FASEB	FASEC	FASEA	FASEB	FASEC				
41	7695	12,86	5	15	3	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	189 valores por fase fuera del rango que representa el 18,75 %	189 valores por fase fuera del rango que representa el 18,75 %	0,00	112,00	No cumple	0,92	Si cumple
42	9816	12,37	10	15	3	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	84 valores por fase fuera del rango que representa el 8,33 %	91 valores por fase fuera del rango que representa el 9,03 %	0,00	77,50	No cumple	0,92	Si cumple
43	9559	14,35	10	25	3	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	126 valores por fase fuera del rango que representa el 12,50 %	147 valores por fase fuera del rango que representa el 14,58 %	0,00	69,00	No cumple	0,92	Si cumple
44	8477	13,33	10	25	4	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	126 valores por fase fuera del rango que representa el 12,50 %	147 valores por fase fuera del rango que representa el 14,58 %	0,00	203 valores por fase fuera del rango que representa el 20,14 %	224 valores por fase fuera del rango que representa el 22,22 %	0,00	72,00	No cumple	0,92	Si cumple
45	3454	20,24	15	25	4	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	119 valores por fase fuera del rango que representa el 11,81 %	126 valores por fase fuera del rango que representa el 12,50 %	0,00	64,00	No cumple	0,91	No cumple
46	7701	13,75	10	25	4	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	133 valores por fase fuera del rango que representa el 13,19 %	133 valores por fase fuera del rango que representa el 13,19 %	0,00	95,00	No cumple	0,91	No cumple
47	5323	17,22	10	25	4	Cumplen con la regulación			0,00	49 valores por fase fuera del rango que representa el 4,86 %	0,00	0,00	0,00	0,00	133 valores por fase fuera del rango que representa el 13,19 %	133 valores por fase fuera del rango que representa el 13,19 %	0,00	No posee	No cumple	0,91	No cumple
48	9900	9,73	5	15	4	Cumplen con la regulación			0,00	84 valores por fase fuera del rango que representa el 8,33 %	0,00	0,00	0,00	0,00	126 valores por fase fuera del rango que representa el 12,50 %	140 valores por fase fuera del rango que representa el 13,89 %	0,00	116,00	No cumple	0,91	No cumple
49	693	17,03	15	25	4	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	No posee	No cumple	0,92	Si cumple
50	9629	12,04	5	15	4	Cumplen con la regulación			0,00	14 valores por fase fuera del rango que representa el 1,38 %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35 valores por fase fuera del rango que representa el 3,47 %	0,00	158,00	No cumple	0,92	Si cumple
51	9693	15,20	10	25	5	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,70	No cumple	0,91	No cumple
52	3400	15,37	10	25	5	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	No posee	No cumple	0,92	Si cumple
53	9694	15,67	10	25	5	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,70	No cumple	0,92	Si cumple
54	1003	17,94	15	25	4	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14 valores por fase fuera del rango que representa el 1,39 %	70 valores por fase fuera del rango que representa el 6,94 %	0,00	18,10	Si cumple	0,91	No cumple
55	3397	12,2	10	15	4	Cumplen con la regulación			84 valores por fase fuera del rango que representa el 8,33 %	119 valores por fase fuera del rango que representa el 11,80 %	0,00	0,00	0,00	0,00	7 valores por fase fuera del rango que representa el 0,69 %	77 valores por fase fuera del rango que representa el 7,64 %	0,00	77,00	No cumple	0,91	No cumple
56	1570	7,18	5	10	4	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98 valores por fase fuera del rango que representa el 9,72 %	0,00	235,00	No cumple	0,91	No cumple
57	6708	14,07	10	25	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	No posee	No cumple	0,91	No cumple
58	9262	15,03	10	25	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82 valores por fase fuera del rango que representa el 5,15 %	21 valores por fase fuera del rango que representa el 2,13 %	0,00	72,00	No cumple	0,91	No cumple
59	5474	13,18	10	25	2	Cumplen con la regulación			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,50	No cumple	0,91	No cumple

Anexo 5: Análisis económico

PRESUPUESTO ELECTRICO REFERENCIAL

FECHA : 27 de octubre 2017

CLIENTE : Ing, Juan Gómez

CONCEPTO: Repotenciación de sistema de distribución Alimentador El Tambo - Cantón Pelileo, Provincia del Tungurahua

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT.	P/UNIT.	P/TOTAL
TRANSFORMADOR MONOFASICO 10 kVA					
1	Transformador monofásico autoprotegido 10 kVA, voltaje primario 7,967kV, voltaje secundario 240/120 V.	c/u	7	752,15	5.265,05
2	Conductor aislado de Cu. Tipo THHN # 1/0 AWG	m.	63	8,50	535,50
3	Conductor desnudo de Cu. # 2 AWG.	m.	105	4,50	472,50
4	Varilla cooperweld de 5/8" x 1,8 malta camada	c/u	7	12,80	89,60
5	Suelda exotérmica 95 gramos	c/u	7	8,00	56,00
6	Material para mejoramiento de tierra	lote	7	25,00	175,00
7	Abrazadera simple reforzada para transformador	c/u	14	15,00	210,00
8	Conector DP-7	c/u	49	4,50	220,50
9	Grapa línea energizada Cu-A1 8 a 2/0 AWG	c/u	7	11,50	80,50
10	Estribo para derivación, aleación Cu-Sn	c/u	7	8,20	57,40
TRANSFORMADOR MONOFASICO 15 kVA					
1	Transformador monofásico autoprotegido 15 kVA, voltaje primario 7,967kV, voltaje secundario 240/120 V.	c/u	11	912,12	10.033,32
2	Conductor aislado de Cu. Tipo THHN # 1/0 AWG	m.	99	8,50	841,50
3	Conductor desnudo de Cu. # 2 AWG.	m.	165	4,50	742,50
4	Varilla cooperweld de 5/8" x 1,8 malta camada	c/u	11	12,80	140,80
5	Suelda exotérmica 95 gramos	c/u	11	8,00	88,00
6	Material para mejoramiento de tierra	lote	11	25,00	275,00
7	Abrazadera simple reforzada para transformador	c/u	22	15,00	330,00
8	Conector DP-7	c/u	77	4,50	346,50
9	Grapa línea energizada Cu-A1 8 a 2/0 AWG	c/u	11	11,50	126,50
10	Estribo para derivación, aleación Cu-Sn	c/u	11	8,20	90,20

TRANSFORMADOR MONOFASICO 25 kVA					
1	Transformador monofásico autoprotegido 25 kVA, voltaje primario 7,967kV, voltaje secundario 240/120 V.	c/u	31	1.237,44	38.360,64
2	Conductor aislado de Cu. Tipo THHN # 1/0 AWG	m.	279	8,50	2.371,50
3	Conductor desnudo de Cu. # 2 AWG.	m.	465	4,50	2.092,50
4	Varilla cooperweld de 5/8" x 1,8 malta camada	c/u	31	12,80	396,80
5	Suelda exotérmica 95 gramos	c/u	31	8,00	248,00
6	Material para mejoramiento de tierra	lote	31	25,00	775,00
7	Abrazadera simple reforzada para transformador	c/u	62	15,00	930,00
8	Conector DP-7	c/u	217	4,50	976,50
9	Grapa línea energizada Cu-Al 8 a 2/0 AWG	c/u	31	11,50	356,50
10	Estribo para derivación, aleación Cu-Sn	c/u	31	8,20	254,20
TRANSFORMADOR MONOFASICO 37,5 kVA					
1	Transformador monofásico autoprotegido 37,5 kVA, voltaje primario 7,967kV, voltaje secundario 240/120 V.	c/u	8	1.683,00	13.464,00
2	Conductor aislado de Cu. Tipo THHN # 1/0 AWG	m.	72	8,50	612,00
3	Conductor desnudo de Cu. # 2 AWG.	m.	120	4,50	540,00
4	Varilla cooperweld de 5/8" x 1,8 malta camada	c/u	8	12,80	102,40
5	Suelda exotérmica 95 gramos	c/u	8	8,00	64,00
6	Material para mejoramiento de tierra	lote	8	25,00	200,00
7	Abrazadera simple reforzada para transformador	c/u	16	15,00	240,00
8	Conector DP-7	c/u	56	4,50	252,00
9	Grapa línea energizada Cu-Al 8 a 2/0 AWG	c/u	8	11,50	92,00
10	Estribo para derivación, aleación Cu-Sn	c/u	8	8,20	65,60

TRANSFORMADOR MONOFASICO 50 kVA						
1	Transformador monofásico autoprotegido 50 kVA, voltaje primario 7,967kV, voltaje secundario 240/120 V.	c/u	1	2.055,30	2.055,30	
2	Conductor aislado de Cu. Tipo THHN # 1/0 AWG	m.	9	8,50	76,50	
3	Conductor desnudo de Cu. # 2 AWG.	m.	15	4,50	67,50	
4	Varilla cooperweld de 5/8" x 1,8 m.alta camada	c/u	1	12,80	12,80	
5	Suelda exotérmica 95 gramos	c/u	1	8,00	8,00	
6	Material para mejoramiento de tierra	lote	1	25,00	25,00	
7	Abrazadera simple reforzada para transformador	c/u	2	15,00	30,00	
8	Conector DP-7	c/u	7	4,50	31,50	
9	Grapa línea energizada Cu-A18 a 2/0 AWG	c/u	1	11,50	11,50	
10	Estribo para derivación, aleación Cu-Sn	c/u	1	8,20	8,20	
TRANSFORMADOR TRIFASICO 75 kVA						
1	Transformador trifásico 75 kVA, voltaje primario 13800 - 220/127 Voltios 13,8kV, voltaje secundario 220/127 V.	c/u	1	3.112,18	3.112,18	
2	Seccionador portafusible, abierto, 15 kV.100 A.	c/u	3	110,00	330,00	
3	Pararrayo tipo válvula distribución 9/10 kV.	c/u	3	40,00	120,00	
4	Tirafusible tipo dual 1,3 A.	c/u	3	4,50	13,50	
5	Bases para fusibles 200 Amp - 250 V	c/u	3	12,00	36,00	
6	Fusibles NH 125 Amp	c/u	3	10,00	30,00	
7	Capaceta de hierro tool galvanizado	c/u	1	25,12	25,12	
8	Conductor aislado de Cu. Tipo THHN # 1/0 AWG	m.	12	8,50	102,00	
9	Conductor desnudo de Cu. # 2 AWG.	m.	25	4,50	112,50	
10	Varilla cooperweld de 5/8" x 1,8 m.alta camada	c/u	1	12,80	12,80	
11	Suelda exotérmica 95 gramos	c/u	1	8,00	8,00	
12	Material para mejoramiento de tierra	lote	1	25,00	25,00	
13	Abrazadera simple reforzada para transformador	c/u	2	15,00	30,00	
14	Abrazadera en "U" galvanizada de 150x120x16 mm.	c/u	1	4,50	4,50	
15	Cruceta de hierro "L" galvanizada de 76x76x6x2.000 mm.	c/u	1	33,00	33,00	
16	Diagonal hierro platina 1 1/2x0,70 metros	c/u	2	6,50	13,00	
17	Abrazadera estándar simple	c/u	1	15,00	15,00	
18	Grapa línea energizada Cu-A18 a 2/0 AWG	c/u	3	11,50	34,50	
19	Estribo para derivación, aleación Cu-Sn	c/u	3	8,20	24,60	
20	Conector DP-7	c/u	10	4,50	45,00	
21	Perno carriage 1/2" x 1 1/2"	c/u	2	1,15	2,30	

CONEXIÓN A TIERRA					
1	Varilla cooperweld de 5/8" x 1,8 m.alta camada	c/u	101	12,80	1.292,80
2	Suelda exotérmica 95 gramos	c/u	101	8,00	808,00
3	Material para mejoramiento de tierra	lote	259	25,00	6.475,00
4	Conector DP-7	c/u	101	4,50	454,50
5	Conductor desnudo de Cu. # 2 AWG.	m.	1212	4,50	5.454,00
SUBTOTAL 1:					103.509,61
I.V.A. (12%)					12.421,15
TOTAL MATERIALES					115.930,76
MANO DE OBRA					31.052,88
TRANSPORTE					5175,4805
SUBTOTAL 2:					36.228,36
TOTAL:					152159,13
SON : CIENTO CINCUENTA Y DOS MIL CIENTO CINCUENTA Y NUEVE CON 13/100 DÓLARES AMERICANOS					
Atentamente:					
Ing. Flavio Chico					
Representante Legal					
INCODISEEC CIA.LTDA.					