

**IMPACTOS GENERADOS POR LA CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES
MONOFÁSICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA**

JOSÉ ALBEIRO HERNÁNDEZ LIZARAZO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

ESPECIALIZACIÓN

I SEMESTRE

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

BELLO, ANTIOQUIA

2015

Contenido

ANTECEDENTE DE INVESTIGACIÓN.....	5
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	10
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
HIPÓTESIS.....	12
JUSTIFICACION.....	14
LIMITACIONES Y DELIMITACIONES.....	15
MARCO TEORICO.....	15
MARCO CONCEPTUAL.....	22
DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
ENFOQUE.....	23
TIPO DE ESTUDIO.....	23
MÉTODO DE ESTUDIO.....	23
POBLACION Y MUESTRA	24
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	¡Error! Marcador no definido.
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	25
PRUEBA PILOTO.....	28
PROCEDIMIENTO EN LA APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS	29
ANÁLISIS DE DATOS	31
RESULTADOS.....	32
INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO	32
RESULTADOS.....	33
ANÁLISIS DE LOS DATOS	38

RESUMEN DE HALLAZGOS40

REFERENCIAS41

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Transformadores quemados en el 2013 y 2014</i>	30
Tabla 2. <i>Tramo A,B y C</i>	34
Tabla 3. <i>Tramo D</i>	35
Tabla 4. <i>Valores</i>	39

ANTECEDENTE DE INVESTIGACIÓN

Como punto de referente se plantea lo elaborado por el ingeniero Charles Dalziel (1950), quien realiza una investigación sobre los efectos que genera la corriente eléctrica cuando se atraviesa en un cuerpo humano y con ella, de poder conocer los umbrales de soportabilidad al paso de la corriente que presentan los seres humanos en Miliamperios (ma). En su investigación encuentra los valores de corriente que un cuerpo puede soportar sin sufrir daño alguno, y los valores de corriente que al ser atravesado en un cuerpo le pueden generar lesiones, daños irreparables o inclusive hasta la muerte. Estos porcentajes de los efectos de corriente a través del ser humano señalados por Dalziel (1950) han sido los parámetros incluidos en los reglamentos técnicos eléctricos Colombianos “Retie” para proteger las personas y animales de tensiones de toque, contacto o de paso frente a los circuitos y estructuras eléctricas. El “Retie” en su última actualización vigente está bajo la resolución con número 90708 del 30 de agosto de 2013 por el Ministerio de Minas y Energía propiamente, en el capítulo 2, “Requisitos Técnicos Esenciales.”

A su vez, Dalziel (1950) lleva a cabo una de las primeras investigaciones sobre la reacción del cuerpo humano a la corriente eléctrica a principio de la década de 1950, con personas que voluntariamente quisieron participar en dichas pruebas de mediciones acompañados en todo momento con la presencia de personal médico. Estas pruebas se realizan por la seguridad de las personas evaluadas con muy baja cantidad de intensidad de corrientes y posteriormente, con el fin de determinar la correcta extrapolación de los resultados, si estos parámetros seguían constantes en el tiempo en los seres humanos se determinan otras investigaciones que ya incluían no sólo la corriente, sino también unos estudios con la tensión aplicada, la intensidad de corriente resultante y la reacción física que presentaban los voluntarios.

La relación de análisis de todas estas variables suministra suficiente información, la cual permite realizar cálculos para obtener un valor de resistencia en ohmios (Ω) para un cuerpo humano “medio”. En varios experimentos y ensayos parten de suministrar mediciones aplicando 21 voltios entre ambas manos y 10 voltios entre una mano y los pies. Las mediciones arrojadas en las pruebas dieron como resultado 2330 ohmios entre mano y mano y de 1130 ohmios entre mano y pies. Para estas primeras investigaciones el amperaje reflejado debido a bajos niveles de

tensión son del orden de 16 miliamperios la intensidad media corriente segura por debajo del umbral de “no soltar” para un hombre “promedio”. Asimismo, se determina que el cuerpo humano responde de manera exponencial a la presencia de la corriente eléctrica. En otras palabras, “el cuerpo responde a una intensidad creciente de corriente con un acortamiento del tiempo de exposición de la misma forma que responde a una intensidad decreciente con una duración”. La relación tiempo-intensidad se muestra en la figura 1-0.

Es así como, la investigación de Dalziel (1950) culmina con una Ecuación que está definida por la amplitud de corriente y la duración de su paso a través del corazón con el umbral de fibrilación ventricular. Quedando como resultado, que el 99.5% de las personas son capaces de soportar el paso de una corriente de una intensidad (I) durante un tiempo (t) sin presentar problemas de fibrilación ventricular.

Ecuación 1:

$$I = K/\sqrt{t}$$

Donde I= Intensidad de corriente en miliamperios.

K= función de energía de descarga¹.

= K_{50} equivale a 116 para un peso corporal de 50 kg (110 Libras)

= K_{70} equivale a 157 para un peso corporal de 70 kg (155 Libras)

t = Tiempo en segundos.

¹ El valor de la K pertenece a una constante de forma empírica la cual se relaciona con la energía de descarga eléctrica tolerada por un determinado porcentaje de la población estudiada.

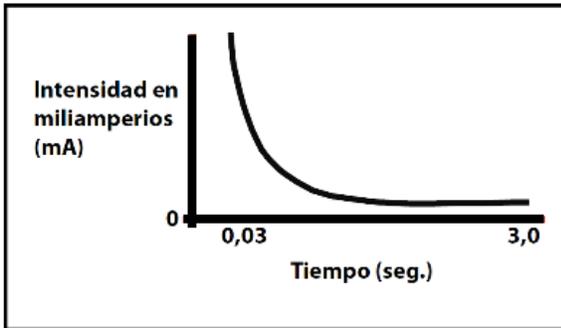


FIGURA 1-0.

Dalziel (1950), determina mediante esta fórmula, en la Ecuación 1 que un operario en líneas con un peso promedio de 50 Kg puede soportar una corriente de 67 miliamperios antes de entrar en fibrilación cardíaca, mientras que un operario de 70 kg soportaría 91 miliamperios. O que los mismos trabajadores podrían ser susceptibles a entrar en fibrilación cardíaca en presencia de 670 Amperios y 906 Amperios respectivamente en un lapso de 0.03seg los cuales corresponden a dos ciclos de la onda fundamental sinusoidal con frecuencias nominales de 60 Hz tal como se muestra en la figura 2-1. Cabe anotar que, estos valores de medición fueron tomados entre las extremidades del ser humano entre pies y manos, entre mano a mano o entre pie y pie, y que en el cuerpo humano la resistencia indica un valor entre 500Ω o 1000Ω . Ninguno de estos valores es representativo de un trabajador concreto y existen otros valores que inciden en la resistencia del cuerpo humano, como son:

Efecto	Hombres	Mujeres
Sin sensación en la mano	0,4	0,3
Ligero cosquilleo (Umbral de percepción)	1,1	0,7
Descarga, sin dolor y sin pérdida de control muscular	1,8	1,2
Descarga, dolorosa pero sin pérdida de control muscular	9,0	6,0
Descarga dolorosa (Umbral de soltar)	16,0	10,5
Descarga intensa y dolorosa, contracción muscular, dificultad para respirar	23,0	15,0
Posible fibrilación ventricular		
Por descargas breves (0,03 seg.)	1.000	1.000
Por descargas más largas (3,0 seg.)	100	100
Fibrilación ventricular, muerte segura	Debe producirse durante fase susceptible del ciclo cardiaco para resultar mortal.	
Por descargas breves (0,03 seg.)	2.750	2.750
Por descargas breves (3,0 seg.)	275	275

Tabla 1. Reacción del cuerpo “promedio” a diversas intensidades de corriente en miliamperios con frecuencias a 60 Hz.

Debe tenerse en cuenta que las descargas así no sean mortales, pueden generar síntomas como desequilibrio, caídas y malos apoyos del cuerpo humano, pues cuando las instalaciones eléctricas están por encima de un voltaje de 1000 voltios y presentan unas intensidades corriente mayor a 5 amperios, la resistencia del cuerpo humano tiende a disminuir, debido a que se logra perforar la piel y la corriente logra atravesar los tejidos húmedos internos, por lo que hace una resistencia menor y el cuerpo puede quedar fácilmente sometido a quemaduras en los órganos internos del cuerpo.

Estos métodos basados en la investigación de la corriente, cuando atraviesa el cuerpo humano, busca garantizar que los valores de tensión se mantengan por debajo de los umbrales de seguridad, establecidos en los resultados arrojados en esta investigación “se deben de bajar los niveles elevados de corriente que dan lugar a quemaduras o lesiones graves a un nivel inferior al de la fibrilación cardiaca”.

Otra de las investigaciones que tienen un referente importante para esta investigación, es lo que describe el físico y matemático alemán Georg Simón ohm (1827), quien descubre una propiedad de las leyes físicas eléctricas, basada en analizar las corrientes eléctricas que circulan por los circuitos eléctricos cerrados la cual la llamo la “Ley de Ohm”. Esta ley describe que la corriente que circula por un circuito eléctrico encerrado es directamente proporcional a la tensión en voltios que tiene asociada, e inversamente proporcional a la resistencia en ohmios que ofrece al paso dentro de la carga que tiene involucrada.

REPRESENTACIÓN DE LA FÓRMULA GENERAL DE LA LEY DE OHM PARA UN CIRCUITO ELÉCTRICO CERRADO

$$I = \frac{E}{R}$$

$$\frac{V}{I \times R}$$

LA LEY DE OHM

De este modo, se dan a conocer elementos en términos generales respecto a las corrientes eléctricas, de cómo a través de diversas investigaciones se descubre, y posteriormente evoluciona el concepto, con lo cual se logra definir hasta los factores de riesgo que pueden hacer mención a los avances que se han dado en materia de la energía eléctrica, pues sobre ellos hay investigaciones, y ya en cuanto a la propuesta de abordar la energía desde la distribución monofásica no es halla literatura sobre esto, sino sobre todo sobre la trifásica, pero ésta no es de interés para el desarrollo del trabajo; es por esto, que se tiene en cuenta la importancia de los orígenes de la corriente eléctrica y de cómo ésta puede presentar riesgos en determinados casos al contacto con el ser humano.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la actualidad, el aumento progresivo del consumo de la electricidad, la manipulación de la misma y la responsabilidad que tienen los propietarios de la red de distribución de energía para mantenerla en perfectas condiciones, precisa dar cumplimiento a unas exigencias y especificaciones técnicas, óptimas y jurídicas, que garanticen la seguridad de las personas, los aparatos eléctricos y el buen funcionamiento del sistema de distribución, ya sean del sector residencial, comercial o industrial. Estos sistemas deben de ser lo suficientemente confiables, seguros y adecuados para su mantenimiento y operación en cada nivel de tensión determinada por las normas y reglamentos colombianos.

Empresas Públicas de Medellín es propietaria de la infraestructura eléctrica y equipos de distribución de energía en Antioquia y posee algunos activos en el resto del país, y por ser una empresa que esta vincula dentro del desarrollo de la globalización tiene como fin buscar aspectos como la optimización de recursos, mejoramiento de maniobras operativas y dar cumplimiento al reglamento técnico de instalaciones eléctricas establecido por el Ministerio de Minas y Energía vigente en Colombia para evitar demandas jurídico legales.

En cuanto al primer aspecto, se puede decir que Empresas Públicas de Medellín tiene una inversión de activos aproximados a 128.909 transformadores instalados y en funcionamiento entre los 125 municipios que conforman el departamento de Antioquia sin contar el resto del país. De los cuales 112.046 transformadores son de fabricación tipo monofásico correspondientes al 87% de esa totalidad. En el 2012, 2013 y 2014 se reportaron en promedio 1952 transformadores monofásicos quemados por año sólo en Antioquia, y las causas más comunes son, por la vida útil del transformador, cortocircuitos, caídas de objetos en el ramal secundario y el más significativo, está dado por el daño a transformadores por las descargas atmosféricas que impactan las redes de distribución, este último, representa aproximadamente más del 60% de los transformadores quemados y el cual factura un costo bastante alto para la empresa y que aunque cuenta con un sistema multiterrizado y equipotencializado, sigue siendo complejo.

Hoy en día, se halla que se tiene una tasa elevada de transformadores quemados por descarga atmosférica, lo que indica que se están presentando fallas en la etapa de operación de los sistema puesta a tierra, el cual no está operando efectivamente en la disipación de las corrientes de falla, lo cual se ve reflejado en los costos aumentados de inversión en nuevos transformadores. Por tal razón, se plantea la importancia de tener presente otro tipo distribución de energía, que no genere tantos costos económicos, de tiempo, y de rendimiento.

Además, se encuentra que existen pocas investigaciones relacionadas con el tema en específico, lo cual da cuenta de la necesidad que se tiene de ahondar sobre esto, teniendo en cuenta las ventajas y los provechos que se obtienen al implementar transformadores monofásicos en la red de distribución de energía en Colombia. De ahí la significancia de abordar este asunto, a partir de la literatura que se encuentra, destacando así la pertinencia, el avance tecnológico y el reconocimiento a las empresas de energía del país si consideraran este medio de distribución de energía.

Por todo lo anterior, se precisa realizar este proyecto con características cualitativas, con un alcance técnico lo suficientemente efectivo, que permita a Empresas Públicas de Medellín como propietario de la red de distribución y de la norma RA3-026(montaje de transformador monofásico), estar ajustado a los requerimientos de los reglamentos técnicos eléctricos en Colombia, que pueda tomar medidas que minimicen los accidentes de origen eléctrico tanto a las personas que circulan cerca de las redes, como al personal que realiza actividades de operación en telecomunicaciones por debajo de las redes de energía, que pueda optimizar los recursos reduciendo la tasa de quema de transformadores a través de un buen funcionamiento sistema de puesta a tierra además, que pueda encontrar darle solución a la pregunta ¿Cómo se puede mejorar los aspectos en las conexiones de transformadores y redes monofásicas utilizados en redes de distribución de energía para mitigar los impactos negativos que estos generan en personas y equipos eléctricos?

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar los impactos que se generan en personas y equipos eléctricos por el uso de transformadores monofásicos utilizados en redes de distribución de energía para proponer nuevas formas de conexiones de los transformadores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el sistema actual de las conexiones de los transformadores monofásicos en la red, y cómo opera los sistemas de puesta a tierra en ellos.
- Determinar los aspectos normativos y legales que deben cumplirse en las conexiones de transformadores monofásicos y en seguridad a las personas por corrientes permanentes en los apoyos de energía.
- Proponer una nueva forma de conexión de los transformadores monofásicos en la red.

HIPÓTESIS

Este trabajo retoma los fundamentos de las instalaciones eléctricas de una manera correcta, segura y objetiva en lo referente con la seguridad, la normatividad y el buen funcionamiento de las instalaciones eléctricas dentro de la operación de diseño, construcción y montaje. Además, esta investigación se diferencia porque en la actualidad, la forma cómo están conectados los conductores que alimentan los transformadores monofásicos desde los bornes primarios o que comúnmente se les llaman de alta, eléctricamente presenta un riesgo y una alta posibilidad de accidentes de origen eléctrico a las personas y equipos indispensables para la transformación de la energía eléctrica.

La manera como se encuentra la configuración de dichas conexiones descritas en la norma de Empresas Públicas de Medellín (RA3-026) “Montaje de Transformador Convencional”, se ha cometido un error que lleva más de 40 años en la interpretación de los circuitos eléctricos y se ha permitido que por los conductores, que no deberían pasar corrientes eléctricas permanentes, estén pasando dichas corrientes y más grave aún, que estas corrientes son capaces de sobrepasar el umbral de soportabilidad de un ser humano y ocasionarle incluso hasta la muerte, y son las que están recorriendo todo el día los apoyos de energía en las zonas de trabajo que operarios de otras empresas y de las mismas, realizan sus actividades diarias de mantenimiento preventivo y predictivo de equipos. En otro aspecto, los elementos metálicos que deben estar desenergizados y que deben estar protegidos por un sistema de puesta a tierra como lo estipulan el reglamento colombiano (RETIE), se encuentran energizados debido a esta forma de conexión y esto genera una no conformidad con la aplicación del reglamento y un riesgo inminente. El sistema de puesta a tierra que se construye en el área de distribución de energía para proteger los equipos sobre descargas atmosféricas en las redes aéreas, busca mediante un conductor de puesta a tierra que las fallas o descargas as eléctricas transiten por ahí, debido a que se ha configurado con parámetros y variables más sensibles bastante deseables para el paso de la corriente, caso que no se cumple en las conexiones actuales de la norma RA3-026.

Con este trabajo se modificarán las conexiones que se les debe hacer a los transformadores monofásicos para minimizar o eliminar las corrientes no deseadas que circulan por los apoyos de energía, y así garantizar el cumplimiento de los reglamentos eléctricos vigentes en Colombia “RETIE”. Además, se plantea la forma correcta como debe estar montado el sistema de puesta a tierra para que los transformadores monofásicos tengan la oportunidad de evitar la quema de los mismos por descargas atmosféricas y posteriormente, recuperar rentabilidad económica que se reflejará en la reducción de transformadores quemados por este fenómeno eléctrico que se presenta en la actualidad debido al mecanismo de distribución de energía que se implementa con EPM.

JUSTIFICACION

Este proyecto contiene argumentos fundamentados en la teoría y la práctica, capaces de señalar que las condiciones que se plantean en la etapa de diseño y construcción de las conexiones de los transformadores con respecto al sistema de puesta a tierra (SPT), no son claros en el momento de entrar en operación.

Lo más rentable para Empresas Públicas de Medellín es que en el momento que se presente una descarga atmosférica e impacte a la red de distribución de energía, el sistema de puesta a tierra este lo más funcional y opere lo suficientemente correcto, para proteger los transformadores monofásicos que estén debidamente conectados y puedan así continuar siendo un activo productivo.

Esta investigación propone actualizar la norma RA3-026, que traería como beneficios los siguientes criterios:

1. Se reducen la inversión en las compras de transformadores por año.
2. Se reduce el costo económico que representa para la empresa, el cambio de un transformador quemado por uno nuevo, el pago a la cuadrilla, el transporte y el tiempo de suspensión de energía a los usuarios por causa de su cambio.
3. Se minimiza la apertura de abrideros monofásicos de un circuito eléctrico no se abrirían frecuentemente garantizando un buen servicio eléctrico.
4. Se minimizan las posibilidades de accidentes de origen eléctrico al momento de realizar un mantenimiento o realizar un trabajo por debajo de las líneas energizadas.
5. Se minimizarían los riesgos eléctricos en las personas frente a las tensiones de toque y tensiones transferidas.
6. Se haría un sistema de puesta a tierra en la etapa de operación lo suficientemente segura y deseable para proteger la vida de las personas, los equipos eléctricos, y la vida animal como lo manda los reglamentos eléctricos colombianos.

7. Se minimizan las posibilidades de demandas jurídicas, por motivo de las malas conexiones del sistema eléctrico que repercutan en una persona o equipo. Porque como dueños de la red estamos en la obligación de hacer conexiones seguras.

Frente a los anteriores beneficios señalados en relación con la implementación de dicha norma, de modo que se obtengan avances en cuanto al menguar el riesgo de accidentes, además de evitar cualquier tipo de sanciones o demandas que impacten negativamente a la empresa, al no tener que pagar millonarias sumas de dinero por líos jurídico. Es por esto que, es menester revisar el modo de distribución de energía actual, y considerar cambios oportunos que permitan el mejoramiento y mayor seguridad en el servicio.

LIMITACIONES Y DELIMITACIONES

Para el desarrollo del trabajo se tiene en cuenta el Suroeste de Antioquia, con un activo de transformadores monofásicos de 9380 unidades en toda la zona, la muestra se realiza específicamente en los municipios de Tarso, Támesis, Andes, Concordia, Hispania. Aquí solamente se toma como muestra este tipo de transformadores con dichas capacidades y que son propiedad de EPM.

MARCO TEORICO

Se parte de señalar la energía eléctrica “es una de las formas de energía que mejor se puede transportar a grandes distancias. Se puede obtener de diversas fuentes primarias de energía y es la que más usos y aplicaciones ofrece en la vida cotidiana. Sin embargo para que se cumpla lo anterior es indispensable disponer un sistema interconectado mediante el cual nos sea posible generar la energía, transportarla y distribuirla a todos los usuarios en forma eficaz, segura y con calidad” (Arguelles, p. 9). Es de anotar que la energía eléctrica cumple un papel fundamental

dentro de la sociedad, y es implementada para un sinnúmero de actividades cotidianas del ser humano, por lo que su papel es fundamental en las dinámicas económicas y sociales de las comunidades actuales.

Ahora bien, se tiene en cuenta que “en este sistema la energía eléctrica, desde su generación hasta su entrega en los puntos de consumo, pasa por diferentes etapas de adaptación, transformación y maniobra. Para la correcta operación del sistema son necesarios equipos que sean capaces de transformar, regular, maniobrar y proteger” (Arguelles, p. 9). Así que la energía tiene un proceso que posibilita que llegue al consumidor y pueda satisfacer sus necesidades, y un punto importante es el transporte esa energía, y su distribución, sobre lo cual se encuentra que el transporte de energía eléctrica a valores altos de tensión “el ahorro económico que implica poder utilizar cables con menor sección; ya que para la misma potencia a transportar pero a menores valores de tensión serían necesarios conductores de mayor sección, más costosos, para transmitir energía con valores más altos de corriente” (Arguelles, p. 11).

Otro aspecto relevante dentro de la distribución de energía tiene que ver con los transformadores, los cuales son “circuitos magnéticos de dos bobinas que convierten energía eléctrica de un nivel de voltaje y corriente a otro nivel de voltaje y corriente diferente, gracias al distinto número de vueltas de cada uno de los enrollados y al flujo común, variable en el tiempo, que ambos enlazan. Estas características lo hacen indispensable en aplicaciones de transmisión y distribución de energía eléctrica de corriente alterna (CA), donde es necesario un alto nivel de voltaje para transmitir la energía a grandes distancias con pocas pérdidas”. (Universidad de Chile, 2003p. 41) Además, se puede dar como definición de una manera más simple, que un transformador “es un dispositivo de dos enrollados, uno de los cuales (enrollado primario) se conecta a una fuente de alimentación variable en el tiempo, $v_1(t)$. Esto origina un flujo magnético también variable en el tiempo (t), que es enlazado por el segundo enrollado (enrollado secundario), induciéndose en este un voltaje $v_2(t)$ que puede alimentar un consumo determinado” (Universidad de Chile, 2003, p. 41). En todo esto, se puede agregar el propósito de los transformadores de distribución consiste en “reducir el voltaje primario de un sistema de distribución a valores de voltajes utilizados por los clientes” (Universidad de Chile, 2003p. 2)

En cuanto al modo de constitución del transformador, se encuentra que éste lo conforma “dos circuitos eléctricos acoplados mediante un circuito magnético. El funcionamiento del transformador se basa en la Ley de inducción de Faraday, de manera que un circuito eléctrico influye sobre el otro a través del flujo generado en el circuito magnético. Al conectar el devanado primario a una corriente alterna, se establece un flujo magnético alterno dentro del núcleo. Este flujo atraviesa el devanado secundario induciendo una fuerza electromotriz en el devanado secundario. A su vez, al circular corriente alterna en el secundario, se contrarresta el flujo magnético, induciendo sobre el primario una fuerza contraelectromotriz”. (Arguelles p. 12)

Como aporte al tema del transformador, se propone desde una investigación uno que es el ideal, que corresponde al que “no presenta pérdidas de potencia, ni pérdidas de flujo magnético, y además la permeabilidad magnética del núcleo es mucho mayor que μ_0 ” (Universidad de Chile, 2003, p. 46). Es decir, que ese transformador ideal que se plantea debe cumplir determinadas condiciones, las cuales son:

Permeabilidad del núcleo $\mu \rightarrow \infty$ reluctancia despreciable).

No hay flujos de fuga, es decir, el flujo es enlazado en su totalidad por ambos enrollados.

No hay pérdidas Joule en los enrollados (la resistencia eléctrica de los enrollados es nula).

No hay pérdidas de potencia en el núcleo. (Universidad de Chile, 2003, p. 46).

De este modo, se expone cómo sería un transformador ideal, en el que se minimice el riesgo y se optimiza su función.

De otra parte, se indica que los transformadores se clasifican de acuerdo a:

Servicio:

De potencia y distribución (V y f constantes)

De comunicaciones (V y f variables)

De medida y protección

Circuito magnético:

De columnas

Acorazados

La refrigeración:

Transformadores en seco

Transformadores en baño de aceite

Transformadores con refrigeración natural

Transformadores con refrigeración forzada

El sistema de tensiones:

Monofásicos

Trifásicos

Etc. (Tecnología Eléctrica, p. 5).

Para interés de este trabajo, se va a abordar el tipo de transformador monofásico, en el que “se tienen dos columnas unidas en las partes inferior y superior por medio de un yugo, en cada una de estas columnas se encuentran incrustadas la mitad del devanado primario y la mitad del devanado secundario” (Seminario de Tecnología, p. 15). Pero, además se alude al otro tipo de transformados, que es el de núcleo trifásico, que en éste “se tienen tres columnas dispuestas sobre el mismo plano unidas en sus partes inferior y superior por medio de yugos. Sobre cada columna se incrustan los devanados primarios y secundarios de una fase. Las corrientes magnetizantes de las tres fases son distintas entre sí, debido principalmente a que el circuito magnético de las columnas externas es más largo que el correspondiente a la columna central (Seminario de Tecnología, p. 15). Es así como se definen estas dos clases de transformadores, a lo que se puede agregar que el transformador de dos enrollados es el monofásico, y el transformador trifásico consta de tres transformadores monofásicos, bien sean separados o combinados sobre un mismo núcleo.

Sobre la energía trifásica, se plantea que en la actualidad “los sistemas operan con energía eléctrica en forma de corrientes alternas trifásicas, esto es debido a su facilidad para modificar las tensiones de transporte por medio de transformadores. Otra razón para el uso de corrientes alternas trifásicas es la simplicidad de los generadores y transformadores que trabajan con este tipo de corrientes, así mismo resulta también más sencilla y económica la transmisión y la distribución de este tipo de corrientes. Esta tensión no es la más apropiada para el transporte a largas distancias a causa de las pérdidas que se producirían en los conductores, por lo que es

necesario instalar transformadores elevadores (Arguelles p. 10). De ahí que se aluden algunas de las ventajas y desventajas halladas frente al transformador trifásico en aras de entender cómo es el funcionamiento, limitaciones de éste.

En cuanto a los transformadores tipo pedestal monofásico se precisa que su aplicación está en la optimización de la confiabilidad, seguridad y la estética en:

- Fraccionamientos residenciales
- Desarrollos turísticos
- Centros comerciales
- Centros recreativos
- Hoteles

Además, respecto a sus ventajas, se destaca:

- Mayor seguridad
- Mayor plusvalía para la propiedad
- Eliminación de contaminación visual
- Facilidad de acceso (Prolec, p. 1, 2002).

Ahora bien, el Reglamento Técnico de Instalaciones de eléctricas “RETIE”2013, habla de todos los alcances y disposiciones que deben de llevar toda instalaciones eléctrica que se construya en Colombia con el objetivo de garantizar la seguridad de las personas, la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Agrega que el buen funcionamiento, la confiabilidad, calidad y la adecuada utilización de los productos y equipos serán la mejor manera de proteger las instalaciones eléctricas.

El RETIE 2013, describe un capítulo 2, artículo 15, que toda instalación eléctrica tiene que disponer de un sistema de puesta a tierra a no ser que la colocación de ella implique un riesgo mayor. Este sistema de puesta a tierra busca proteger las personas de corrientes eléctricas no

deseables que estén circulando por las estructuras metálicas debido a descargas atmosféricas, sobre corrientes o corrientes estáticas en el medio.

Las funciones del sistema de puesta a tierra son:

- a. Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- b. Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- c. Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- d. Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayos.
- e. Transmitir señales de RF en onda media y larga.
- f. Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con los puntos de referencia de los equipos.

Se debe tener en cuenta que el criterio fundamental para garantizar la seguridad con respecto a la máxima energía que un cuerpo es capaz de soportar, debido a las tensiones de toque, contacto o transferidas porque un valor de resistencia relativamente bajo es ideal para controlar los GPR o gradientes de tensiones en la tierra.

Otro de los anexos es el libro de “Fundamentos e Ingeniería de las Puestas a Tierra” los ingenieros German Moreno Ospina, Jaime Alejandro Valencia Velásquez, Carlos Alberto Cárdenas Agudelo y Walter Mauricio Villa Acevedo recogieron temas convencionales de las puestas a tierra como son las tensiones permisibles, resistencia a tierra, cálculo de resistividad y mediciones.

Por su parte, Moreno et al. sostiene que un inadecuado diseño o construcción de una puesta a tierra puede generar apariciones de fallas reflejadas en sobrecorrientes capaces de dañar los aislamientos, equipos y lo que puede ser más grave aún, causar heridas o incluso hasta la muerte del personal que opere en los sistemas eléctricos, o que se encuentren en una actividad cotidiana que intervengan en trabajos cerca de los apoyos de energía. Estos sistemas de puesta a tierra, están clasificados en 3 etapas que son la etapa de diseño, la etapa de construcción y la etapa de

operación y deben de ser tomadas como un asunto de especial atención cuando se trata de la salud industrial y salud ocupacional y no pueden ser olvidadas aun en otras como la gestión tecnológica.

Las empresas de energía en la operación de los sistemas eléctricos sobre todo los de grandes dimensiones es determinada por el hecho de estar o no conectadas a tierra, o estar conectadas de otra manera confiable a tierra. Esto en el caso de las empresas de distribución de energía, la cual se convierte en obligación la colocación del colocación de una sistema de puesta a tierra debido a que los circuitos de longitudes extensas durante su recorrido, generan efectos capacitivos a través de las reactancias capacitivas (XC), y reactancias inductivas(XL) en su recorrido a lo largo del circuito y por esa razón está asociada al tipo y condiciones de puesta a tierra(efectivamente puesta a tierra a través de la impedancia). La seguridad humana y la salud ocupacional son aspectos que tienen una estrecha relación con las puestas a tierra, y aun mas son parte esencial en de su razón de ser. En términos desde la empresa se debe hacer un conocimiento profundo y exigente de la seguridad en el diseño puestas a tierra.

Agrega German Moreno et al, que las puestas a tierra se diseñan y se construyen con el fin de disipar las corrientes de falla lo más seguras y rápido posibles, estas fallas pueden ser causadas por descargas atmosféricas, cargas estáticas o sobre corrientes del sistema capaces de superar los umbrales de soportabilidad de corriente del ser humano y causarle daños irreparables o en condiciones peligrosas, hasta la muerte. También sirve de referencia lógica y con ello permitir el correcto funcionamiento de equipos altamente sensibles. De debe calcular la finalidad de la puesta a tierra por diseñar, el tipo de conexión a tierra que utiliza el sistema de alimentación y el tipo de instalación para la cual se planea la construcción del sistema de puesta a tierra, porque se presentan diferentes características según para donde sea diseñada, si es residencial, industrial, comercial, hospitalarias o en telecomunicaciones. Pesa que el sector residencial funciona a bajas tensiones, no dejan de ser peligrosas y riesgosas para el ser humano, en ellas la puesta a tierra se utiliza principalmente como punto de referencia del cableado de neutro y la tierra del sistema, punto que de acuerdo al esquema de conexión determinado por la empresa de energía eléctrica, se encuentra localizado en el transformador de distribución ya sea en poste o cuarto de subestación, en el contador de energía o en el tablero que aloja los dispositivos de desconexión como es el caso de los breaker de salida de circuito.

MARCO CONCEPTUAL

Los siguientes son términos que se desarrollan a lo largo del trabajo, y que se conciben a partir de estas definiciones y precisiones dadas a continuación:

Banco de Transformadores: Dos o más transformadores monofásicos conectados de manera tal que proporcionan energía trifásica (Ensa, 2011, p. 2).

Transformador de distribución: es un dispositivo estático construido con dos o más devanados usado para transferir energía eléctrica por inducción electromagnética de un circuito a otro a la misma frecuencia, pero con valores de voltaje y corriente diferentes. (Ensa, 2011, p. 2).

Monofásico: Un sistema monofásico es un sistema de distribución o consumo de energía eléctrica formada por una única corriente alterna o fase y por lo tanto todo el voltaje varía de la misma forma. El transformador monofásico más común transforma el voltaje primario monofásico a través de un devanado aterrizado a la mitad para producir dos voltajes diferentes fase a tierra (± 120 V). La diferencia entre estos dos devanados produce una onda de 240 V de amplitud. (Ensa, 2011, p. 2).

Trifásico: Un sistema trifásico es un sistema de distribución o consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud que presentan desplazadas angularmente entre sí y en un orden determinado. La transformación más común del sistema de ENSA es de voltaje primario trifásico a 120/208 V. Este transformador produce tres ondas independientes con amplitud de 120 V, y la diferencia entre las ondas (AB, BC y CA) tiene una amplitud de 208 V. El concepto es el mismo para 277/480 V. (Ensa, 2011, p. 2).

Polaridad: La polaridad es una indicación de la dirección del flujo de corriente a través de los terminales de alto voltaje con respecto a la dirección del flujo de corriente a través de los terminales de bajo voltaje (Ensa, 2011, p. 2).

DISEÑO METODOLÓGICO

ENFOQUE

Esta investigación está enfocada en recolección de datos de una manera cualitativa partiendo de entrevistas e indagaciones que buscan acertar los fenómenos mencionados.

TIPO DE ESTUDIO

Con base en los objetivos planteados la remodelación de conexiones de transformadores monofásicos en un estudio de tipo Exploratorio y Descriptivo. Es Exploratorio porque buscó demostrar en el campo de Corrección de las conexiones actuales las cuales no ha sido trabajado por parte de Empresas Públicas de Medellín y descriptivo porque pretende formular aspectos sobre la conexión ideal para estos trafo en ésta área en la ciudad y los beneficios como negocio que ésta remodelación traería.

MÉTODO DE ESTUDIO

El método de investigación utilizado fue el deductivo, ya que para obtener el resultado de la fase de exploración y descripción, se buscó tomar la información partiendo de lo general, para consignar los temas específicos que requiere las nuevas conexiones de transformadores.

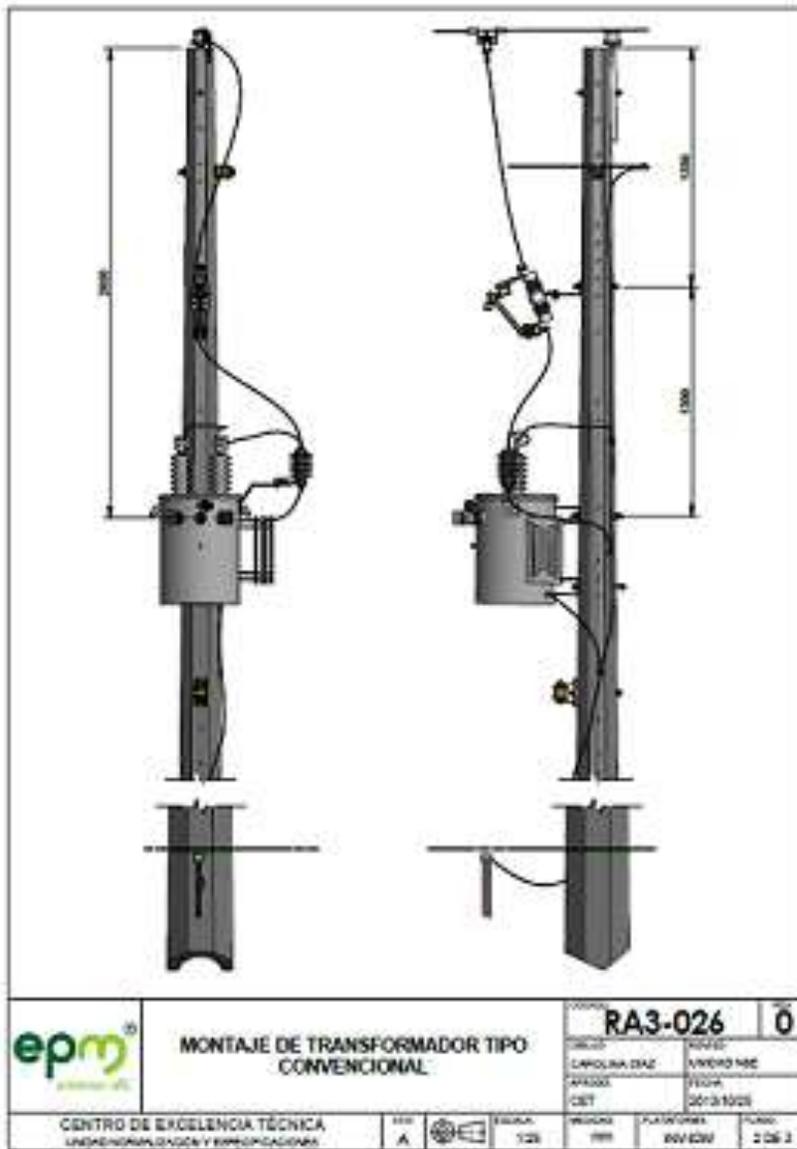
POBLACION Y MUESTRA

Para la recolección de las pruebas en terreno se escogió el Sur Oeste de Antioquia, con un activo de transformadores monofásicos de 9380 unidades en toda la zona. La muestra se realizara en los municipios de Tarso, Támesis, Andes, Concordia, Hispania.

Estos transformadores son Propiedad de Empresas Públicas de Medellín ubicada en la **Carrera 58 42-125. Medellín, Antioquia, Colombia,epm@epm.com.co.**

Esta empresa lleva a cabo actualmente la responsabilidad de suministrarle los servicios públicos Domiciliarios a toda la comunidad en Antioquia, actualmente ha cambiado sus estrategias de productividad y ejes estratégicos con el fin de estar en un entorno global lleno de competitividad en los negocios. Uno de sus enfoques en el sector energético, está basado en estar dentro de las normas técnicas colombianas, y reducir el costo de las inversiones de los equipos eléctricos, para tal fin, esta investigación procede a buscar elementos que solucionen dicha necesidad.

Empresas Públicas de Medellín cuenta con los montajes de Generación, distribución y uso final de energía en Colombia, estas estratégicamente direccionadas por el Gerente General Juan Esteban Calle Restrepo y en su direccionamientos hacia la jefatura del área zona sur se encuentra el Señor Carlos Mario Cadavid. Este último, es el contacto directo y generador de la aceptación para continuar con el proceso de investigación y manipulación de los equipos eléctricos.



INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se parte de señalar que el enfoque dirigido en este trabajo es el cualitativo, ya que por medio de éste se posibilita la descripción, análisis, con lo cual se puede ahondar en el objeto de esta investigación. Sobre este enfoque, se dice que “es una vía de investigar sin mediciones numéricas, tomando encuestas, entrevistas, descripciones, puntos de vista de los investigadores,

reconstrucciones los hechos, no tomando en general la prueba de hipótesis como algo necesario” (Cortes e Iglesias, 2004, p. 10). Por lo que aquí se recurre a varios instrumentos que dan información desde los sucesos, y de las características que se identifican en el proceso investigativo. En este enfoque, es posible desarrollar las preguntas de investigación, “antes, durante y después. El proceso es más dinámico mediante la interpretación de los hechos, su alcance es más bien el de entender las variables que intervienen en el proceso más que medirlas y acotarlas” (Cortes e Iglesias, 2004, p. 10); de modo que, se puede decir que lo cualitativo, se nutre de hermenéutica, donde éste último “se mueve en significados no en datos, está abierto en forma permanente frente al cerrado positivo. Se interesa por la necesidad de comprender el significado de los fenómenos y no solamente de explicarlos en términos de causalidad” (Monje, 2011, p. 12).

En cuanto a la recopilación de la información se implementa el diario de campo y la observación como herramientas que contribuyen al cumplimiento de los objetivos propuestos, ya que brindan elementos para analizar, entender y profundizar en el funcionamiento y dificultades presentadas en las conexiones de los transformadores monofásicos.

Es por esto que se tiene en cuenta el diario de campo, puesto que allí se da “una narración minuciosa y periódica las experiencias vividas y los hechos observados por el investigador. Este diario se elabora sobre la base de las notas realizadas en la libreta de campo o cuadernos de notas que utiliza el investigador para registrar los datos e información recogida en el campo de los hechos” (Cerdeña, 1991, p. 249-250). Es así como, lo apuntado se organiza, de manera que quede la información que se considere relevante y aportante a la investigación. Además, es de destacar que en un diario de campo “se deben eliminar los comentarios y análisis subjetivos deben conservar el rigor y la objetividad que exige un documento de este tipo”. (Cerdeña, 1991, p. 249-250). De modo que, lo que se busca es no perder el nivel investigativo, y el carácter objetivo de estas notas, para así lograr obtener información que revelen claramente los hechos.

En cuanto a la observación, se señala que es la estrategia fundamental del método científico, puesto que es uno de los pasos principales, y de los primeros dentro de este proceso; de modo que, para ellos es necesario precisar que “observar supone una conducta deliberada del

observador, cuyos objetivos van en la línea de recoger datos en base a los cuales poder formular o verificar hipótesis” (Fernández Ballesteros, 1980, p. 135; citado por: Benguria et al, 2012, p. 4). Mediante la observación se logran detectar aspectos de interés, que conllevan a un proceso investigativo, es por esto que desde este instrumento se recogen elementos que al ahondarse más pueden desencadenar un supuesto a verificar, a refutar o aprobar.

Es por esto que, la observación como aparte de ser un método, también es un “proceso riguroso de investigación, que permite describir situaciones y/o contrastar hipótesis, siendo por tanto un método científico” (Benguria et al, 2012, p. 4). Por tanto, es importante que la observación tenga unas implicaciones, objetivos criterios para que se conciba desde esa categoría de instrumento dentro de lo investigativo, y no solamente el mero hecho de observar se convierte en un paso del método científico, así que, es pues relevante que la observación llegue a plantearse como un procedimiento científico de investigación, donde para ello requiera ciertos requisitos, que son:

Delimitar el problema o situación a observa, recoger datos, analiza esos datos e interpretar los resultados. Esta observación permitirá otras formas de investigar pero deberá realizarse en contextos naturales, por tanto se reducirá la influencia del investigador u otros factores de intervención. La observación debe estar orientada a servir un objetivo concreto de la investigación. (Benguria et al, 2012, p. 4).

Aquí, se destaca la poca incidencia que debe haber en donde se realiza la observación, y así no alterar los datos, lo que se está analizando. También, la observación debe “someterse a unas reglas o pautas que garanticen su valor. Sobre todo la observación debe planificarse a fin de recoger los requisitos de validez y confiabilidad. Además la observación científica ha de ser sometida a comprobación” (Benguria et al, 2012, p. 4)

Desde la observación, la investigación cualitativa pretende comprender la situación de estudio, donde Fetterman (1984) aporta a establecer las características de la investigación cualitativa: 1) entendimiento del fenómeno. 2) todas las observaciones están dirigidas a entender las relaciones de los elementos dentro del sistema. 3) el principio de contextualización requiere que todos los datos sean considerados solamente en el contexto en que fueron obtenidos (Benguria et al, 2012, p. 6). Estas características deben ser sustentadas bajo un parámetro de objetividad, que posibilite

la rigurosidad, que analice el objeto de estudio dentro de un contexto que no debe alterarse, para así obtener datos acertados para alcanzar la fiabilidad y precisión.

PRUEBA PILOTO

Dentro de mi labor de Tecnólogo Electricista en las Empresas Públicas de Medellín, a lo largo de mi trayectoria en esa empresa, en dicho cargo logré identificar que continuamente se presentaban daños en los transformadores monofásicos, en el contexto de lluvia y tormenta eléctrica, por lo que comencé a seguir estos transformadores, así que como prueba piloto se toman las mediciones a estos aparatos, para así tratar de reconocer cuál era el problema, si provenía de éste, es así como se realiza las mediciones de tipo eléctricas en un transformador en el municipio de Tarso, recurriendo así a tener unas notas de campo, donde se revisaran las medidas, el modelo de instalación, la posición y especificaciones del transformador, siendo estos elementos que posibilitaran entender y ahondar en el porqué de la quema de estos reflejado en cifras que manejaba la empresa.

De este modo se revela que las cifras que arroja el medidor, los datos recopilados y la descripción del transformador, dan cuenta de una falencia de éste en cuanto a que el tipo de conexión presenta dificultades, por lo que puede ser que ocasione tal complicación en los días de lluvia. Es así como, esta información apuntada deja ver que efectivamente hay unas dificultades en este tipo de transformadores y que posiblemente están siendo afectados por el manejo e instalación que hay en éste.

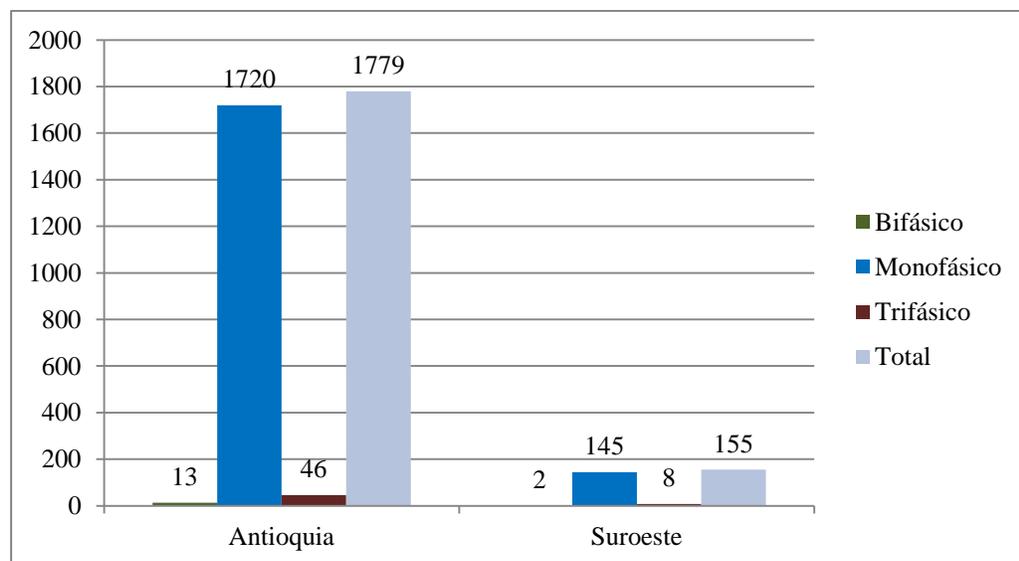
Al mismo tiempo, se tiene presente la observación con la finalidad clara que desde allí se arroje más información en cuanto a los problemas que se vienen presentando con los transformadores monofásicos, utilizados en las redes de distribución de energía en Antioquia, por lo que al hacerse tal observación ya partiendo de la hipótesis que estos transformadores presentan irregularidades por las cifras que se advierten en la medición de energía, dado en el diario de campo, se identifica que existen problemas en lo referente a cómo se ha organizado el transformador, pues no se

reconoce que haya un polo a tierra, sino que quien hace de éste está metido dentro del circuito eléctrico, por lo que aquí se continúa generando energía, con lo cual se lleva al recalentamiento, puesto que efectivamente no se observa un polo a tierra que proteja al transformador.

Con esto, se identifican unas problemáticas, unas inconsistencias que deben ser mayormente observadas, descritas y analizadas, dado a que sin duda hay dificultades en estos transformadores monofásicos, lo que está ocasionando que se quemen, y que en consecuencia, luego de un tiempo lluvioso, haya que recoger estos aparatos, lo cual produce pérdidas económicas, y puede considerarse un peligro para las personas, ya que tales transformadores en ocasiones están cerca de las casas, pues los postes de energía están al lado de los balcones de las casas, por ejemplo. Es por esto, que como consecuencia de esta aplicación inicial de instrumentos de recolección de datos, se hace evidente la problemática, y que hay unos supuestos que lo ocasionan, que corresponde al uso de transformadores monofásicos, y su instalación.

PROCEDIMIENTO EN LA APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS

Para comenzar, se señala que el trabajo en primer lugar se propone desde el tipo de estudio exploratorio, puesto que se comienza a indagar a partir de un supuesto que se cimienta como consecuencia de analizar las variables: quemados de transformadores y problemas de los transformadores monofásicos (como producto de mi proceso de formación laboral y profesional). Con base en estos postulados, se procede en segundo lugar a hacer una descripción de lo que pasaba, por lo que se hace una mirada y revisión a los transformadores que estaban en funcionamiento y los quemados, y con base en ello tratar de identificar que efectivamente habían problemas con estos aparatos. De allí, se logra identificar que hay un problema con los transformadores monofásicos, puesto que desde la deducción de estas anomalías, con la descripción, se manifiesta que se presenta una cifra alta de transformadores quemados:

Tabla 1. Transformadores quemados en el 2013 y 2014

Con base en estos datos se corrobora que hay un porcentaje alto de transformadores monofásicos quemados por descarga atmosférica, se pone de manifiesto que se tiene una problemática en estos que debe profundizarse para determinar de modo claro y específico las causantes de esta situación, y posteriormente llegar a propuestas para la resolución y mejoramiento de estos hechos.

Es así como se procede, en tercer lugar, a implementar los instrumentos de recolección de información, que para este caso son el diario de campo y la observación, Todas las mediciones que se realizaron para este trabajo de investigación fueron tomadas en el Suroeste Antioqueño, donde se intervinieron los municipios de Tarso, Támesis, Andes, Hispania y Concordia, y en ellos se tomaron las medidas necesarias para obtener los resultados en campo. En Tarso se comienza el trabajo de campo, el 19 de febrero de 2015, donde se toma de muestra dos transformadores ubicados en el casco urbano; para ello se utiliza una pinza Amperimétrica de alta tensión de Marca SL (Sensor Like), lo cual facilita y da precisión acerca de la tensión de los transformadores monofásicos.

Ya en el mes de abril 8, se hacen las mediciones en el municipio de Támesis, también en el casco urbano, con el interés de evidenciar el grado de riesgo que puede tener la comunidad ante el daño de uno de estos transformadores monofásicos. Aquí se toman las medidas de dos transformadores, teniendo los datos exactos que arroja la pinza Amperimétrica de alta tensión. Luego, el 10 de junio se hace la medición en el casco urbano Andes. Posteriormente, el 17 de junio se realiza en Hispania, y finalmente, el 22 de julio se realiza en Concordia. Teniendo presente así el suroeste antioqueña para la realización del diario de campo.

Adicionalmente, se implementa la observación, la cual permitió la revisión exhaustiva del transformador en contexto, al tiempo que se hace un análisis del modelo, de la conexión del circuito eléctrico de éste, lo cual se pasa a gráficas que ilustran el cómo están en este momento, y a partir de allí establecer las irregularidades, falencias, que han conducido a que se presenten tantos casos de transformadores monofásicos quemados. De este modo, se encamina la observación al objeto de estudio del trabajo en cuanto a esos aspectos negativos que se identifican en estos aparatos.

ANÁLISIS DE DATOS

De acuerdo a la información recopilada en el diario de campo y en la observación, se toman en cuenta las medidas obtenidas en la medición de la descarga de energía, además del sistema actual de las conexiones de estos transformadores monofásicos en la red, y con base en ello identificar las problemáticas que éste tiene.

Estos dos instrumentos investigativos son tenidos en cuenta para que en primer lugar, se llegue a la hipótesis de la problemática que deben tener los transformadores monofásicos, y a partir de allí, es segundo lugar reconocer por medio de medición de los valores que arrojan estos aparatos, mirar con detenimiento el porqué de esta situación, para lo cual se hace una ilustración de estos transformadores, y así con toda esta información, señalar en dónde está el inconveniente que se presenta continuamente al quemarse en temporadas de fuertes lluvias.

Es así como, con la aplicación de las medidas, de analizar los transformadores, de ilustrarlos y hace una comparación de cada uno de los lados que tienen estos, se logra obtener unos resultados, los cuales permiten detectar en dónde específicamente proviene el problema, además del reconocimiento de las opciones que posibilitan darle solución a esto. Por lo que, se plantea la alternativa, exponiendo los aspectos que mejora, y de cómo este planteamiento sin duda contribuye al cumplimiento de los objetivos de este trabajo, teniendo en cuenta que de este modo no halla dificultades con la normatividad, y que al mismo tiempo se proteja la seguridad de las personas al no exponerlas con transformadores que presenten tantas quemadas.

RESULTADOS

INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO

En este capítulo se pretende dar respuesta a los planteamientos iniciales formulados en este trabajo, en relación con la búsqueda del mejoramiento de los aspectos en las conexiones de transformadores y redes monofásicas, utilizados en redes de distribución de energía, para mitigar los impactos negativos que estos generan en personas y equipos eléctricos. De este modo, se establecen elementos que contribuyen al entendimiento del problema, y de su respectivo mejoramiento, para así no presentar más inconveniente en cuanto al funcionamiento de estos transformadores.

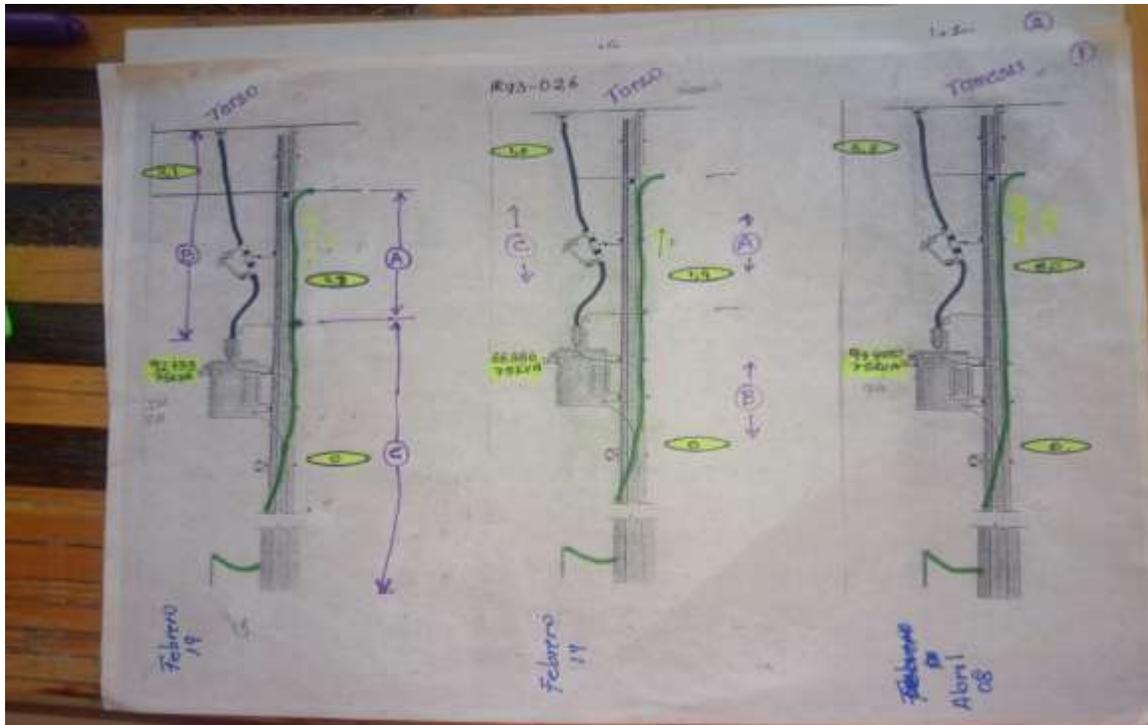
Es por esto que se propone reconocer el sistema actual de las conexiones de los transformadores monofásicos en la red, y cómo opera los sistemas de puesta a tierra en ellos. Además, de determinar los aspectos normativos, legales que deben cumplirse en las conexiones de transformadores monofásicos, llevándolo a términos de seguridad de las personas, tanto de los clientes, como a los trabajadores de la empresa. Igualmente, se desarrolla el objetivo de una nueva forma de conexión de los transformadores monofásicos en la red, de manera que ante el reconocimiento de las problemáticas presentadas por estos, se llegue a un planteamiento sobre el modelo a seguir en materia de transformadores.

RESULTADOS

Con base en el *diario de campo*, se obtienen como resultados, en el municipio de Tarso el transformador monofásico, cuyo número de identificación es el (541067), dio como resultado: en el lado A encontré que la medida fue de (3,3 Amperios), en el lado B la medida encontrada fue de (3,1 Amperio), en el lado C la medida encontrada fue de 0 Amperios. Ese mismo día, se realizaron las medidas al transformador con identificado por EPM (66386), de 75Kva, el cual arrojó unas medidas de la siguiente manera: en el lado A su medición fue de 1,9Amperios, para el lado B su medición fue de 1,8Amperios, y para el lado C su medición fue de 0 Amperios, siendo entonces, las medidas registradas en este municipio.

En Támesis, el transformador en medir fue el (94400), el cual registró para el lado A un valor de 6 Amperios, mientras que para el lado B el resultado fue de 5,8 Amperios, y para el lado C el resultado fue de 0 Amperios. Posteriormente, se continuó con las medidas para el transformador con código de EPM de (541067) de 75Kva, el cual mostró en el lado A un valor de 2,6Amperios, para el lado B me mostró en valor de 3,2 Amperios, y para el lado C el resultado fue de 0,6Amperios.

Ya con la *Observación*, se profundiza en el diseño de los transformadores revisados, tanto los de Tarso, como el de Támesis, deteniéndose en cada uno de los lados medidos, por lo que es pertinente dar a conocer el resultado de la observación, que es la siguiente imagen la cual ilustra de manera detallada la definición de cada uno de los cables conectados.



De lo anterior, hay que tener en cuenta las siguientes indicaciones:

Tabla 2. Tramo A,B y C

Tramo A	Tramo B:	Tramo C
Es el conductor NEUTRO del circuito cerrado del transformador y va desde uno de los bornes primarios del transformador, hasta el conductor neutro de la red principal, en ese tramo nótese que está apoyado por el poste de energía	Es el conductor que lleva energía eléctrica y va desde el otro borne del transformador (los trafos solo tienen dos bornes primarios uno neutro y otro fase que llamamos) hasta el conductor energizado que alimenta toda la red.	Este tramo es el conductor que sale de parte del tramo A y baja hasta la tierra. Debería de ser cero Amperios.

De acuerdo a esto, lo que se identifica es, la conexión neutra, es decir el lado A, al estar ubicado en el mismo poste de energía no logra cumplir su función, ya que si hay descarga de energía allí, con lo cual no hay una protección y seguridad de este transformador. En el mismo sentido, el lado C, de acuerdo a su ubicación lo que hace es energizar la tierra, la cual debe estar sin carga, ya que así existe la posibilidad que esa alta corriente llegue hasta los hogares, ocasionando una emergencia con las personas, al recibir una descarga tan alta de energía que llegaría, ya que el neutro al estar metido dentro del circuito eléctrico, no hay un polo a tierra, puesto que aquí se debe precisar que tanto el lado A como el C deben estar por fuera del poste.

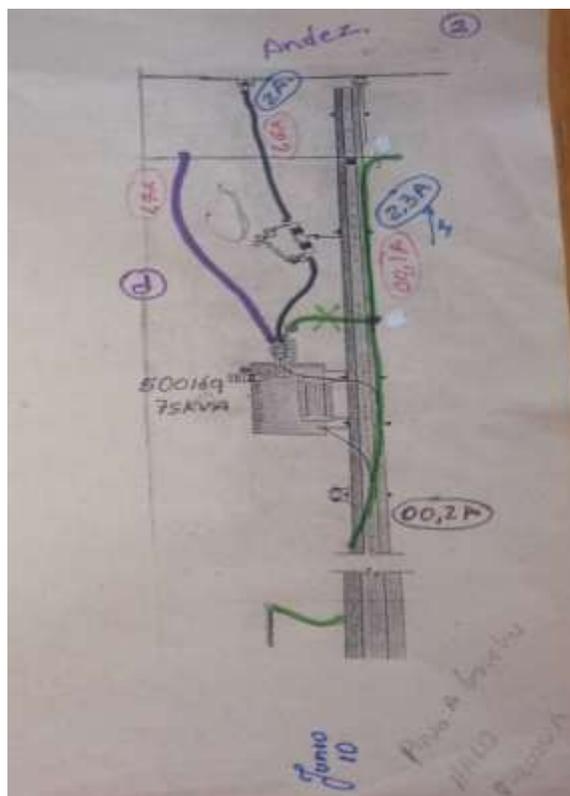
Ahora bien, se pasa a señalar las medidas halladas en el municipio de Andes, donde la medición, a diferencia de las otras, contenía las mediciones tradicionales más, unas mediciones de una propuesta de otra forma de conexión de los transformadores monofásicos, que las llamaremos lado D, que consisten en conectar un conductor eléctrico desde el borne del neutro del transformador directo hacia la línea e interrumpiendo la conexión tradicional. De esta manera, se presenta aquí la propuesta que se plantea para la resolución de tal problemática que hoy en día conlleva a la pérdida indiscriminada de transformadores monofásicos, y que a su vez representan un peligro para las personas.

Tabla 3. *Tramo D*

Tramo D
Es el tramo más importante o es la modificación más importante, porque va desde el mismo borne del transformador del neutro como el inicio del tramo A, y se va aéreamente hasta el conductor neutro del sistema o de la red principal como lo quieras llamar.

Aquí se indican los resultados obtenidos por la pinza Amperimétrica de gancho con capacidad de 0-2000 amperios, así que, para el transformador de número (500169) de 75 Kva el lado A fue de 2,3 Amperios, mientras que para el lado B el resultado fue de 2.0 Amperios y para el lado C los valores fueron de 00,2Amperio. Al realizar la modificación propuesta los valores fueron los siguientes: para el lado A la medición fue de 0 Amperios, para el lado B el resultado fue de 1,6 Amperios, para el lado C las medidas fueron de 00,2 Amperios y para el lado D la medición fue de 1,7 Amperios. Frente a estos datos del lado C lo que se presenta es un incumplimiento a la norma, puesto que no debe haber un valor en estos, puesto que se supone que por ahí no debería presentarse un valor alguno, al ser el polo a tierra del circuito de energía, teniendo en cuenta que éste lado se ubica dentro del transformador, y debe estar en el aire.

Ahora se pasa al ejercicio de la *Observación*,



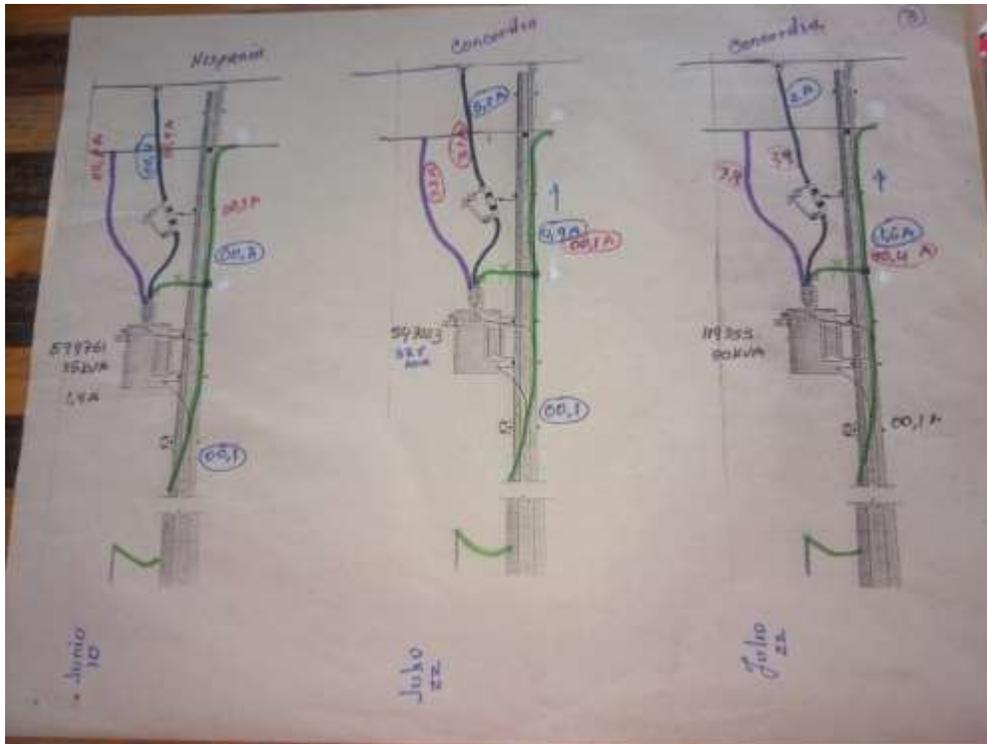
En esta imagen se puede ver cómo la línea verde se conecta directamente con el transformador, lo cual no debe ser así, dado a los riesgos que esto representa, al ser ese lado el neutro. Por lo que,

aquí se propone el lado D como una alternativa viable para cambiar el modelo del transformador, y así detener el peligro que se presenta en este momento.

También, se hicieron las medidas en el municipio de Hispania, al transformador número (599761), con capacidad de potencia de 15Kv y en él, se encontraron los siguientes resultados; en la conexión tradicional, para el lado A la medición fue de 00,3 Amperios, para el lado B la medición fue de 00,4 Amperios y para el lado C la medición fue de 0 Amperios. En el mismo transformador pero con la conexión propuesta los resultados fueron los siguientes: Para el lado A la medición fue de 0 Amperios, para el lado B la medición fue de 00,9 Amperios y para el lado D la medición fue de 00,8 Amperios y el lado C continuo siendo 0 Amperios.

Concordia, Realizando las pruebas de medición al transformador de número (547023) de capacidad de potencia de 37.5Kva, los resultados fueron los siguientes: en la conexión tradicional para el lado A, la medición fue de 4.9Amperios, para el lado B la medición fue de 5,2Amperio, la medición de C fue de 0Amperios. Para el mismo transformador, pero con las conexiones propuestas los resultados fueron así: Para el lado A bajo a 0Amperios, para el lado B la medición fue de 7.1 Amperio y para el lado D la medición fue de 7,3Amperios, y para el lado C la medición fue de 0 Amperios.

Ese mismo día, se tomaron las mediciones del transformador número (119355) de una capacidad de 75Kva en el municipio de Concordia, lo que arrojó: para la conexión tradicional la medición fue de 2 Amperios y para el lado C la medición fue de 0 Amperios. En el mismo transformador para la conexión propuesta las medidas fueron así: para el lado A la medición fue de 00,4 Amperios, para el lado para el lado B la medición fue de 2,9Amperios, para el lado D la medición fue de 3,4 Amperios y para el lado C la medición fue de 0 Amperios.



Según lo anterior, se puede precisar que los transformadores de capacidad de 75kva la corriente Nominal (o sea la más alta soportada por el trafo sin dañarse), es de 10 Amperio; de acuerdo a las medidas obtenidas, todos los transformadores que están trabajando no llegan ni al 50% de su capacidad. Lo mismo sucede con el transformador de 37.5kva su corriente máxima de soportabilidad es de 5 Amperios para el transformador de 15 kva la corriente nominal o máxima que soporta es de 2 Amperios.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Hay que darle una mirada a los valores dados teniendo en cuenta que la conexión actual está dada solo por tres lados (ABC), tarso Támesis. La conexión propuesta está dada por los tres lados (ADC), o sea a partir del trafo de Andes; de modo que la discusión está dada solo por saber cómo lo conecto si con el lado A o como el lado D, (B y C esperan que sucede solamente se quedan ahí), pues cuando conectamos el lado D que es el propuesto observa en la tabla como

descanso el lado A que quedó con 0 amperios después que cargaba amperio significativos. Eso permite que la corriente se vaya aérea por los lados D y B y que el lado A quede sin circulación de corriente para que las personas no experimenten riesgo eléctrico si una falla aparece.

Ahora, si conectando del lado A y el lado C quedan sin circulación de corriente o sea desde la cabeza del poste hasta la pata del poste, y eso es viable y cumple con el objetivo del trabajo. Para finalizar; que por el lado D y B circule la corriente, y por el lado A y C quede funcionando el sistema de puesta a tierra sin corrientes circulantes como lo manda el reglamento eléctrico colombiano. De este modo se llegan a los siguientes valores que son pues la propuesta de este trabajo al plantearse tales cambios en los transformadores monofásicos implementados en la red de distribución de energía por parte de EPM en los municipios del suroeste antioqueño.

Tabla 4. Valores

TRAFO NÚMERO	CAPACIDAD KVA	VALORES ACTUALES			VALORES CON LA NUEVA PROPUESTA			MUNICIPIO
		A	B	C	A	B	C	
								Tarso
92733	75 KVA	3,3	3,1	0				Tarso
66386	75 KVA	1,9	1,8	0				Tarso
94400	75 KVA	6,0	5,8	0				Támesis
541067	75 KVA	2,6	3,2	0,6				Támesis
541054	75 KVA	4,1	4,2	0				Támesis
500169	75 KVA	2,3	2	0,02	0	1,6	1,7	Andes
599761	15 KVA	00,3	00,4	0	0	00,9	00,8	Hispania
547023	37.5 KVA	4,9	5,2	0	0	7,1	7,3	Concordia
119355	50 KVA	1,6	2	0	00,4	2,9	3,4	Concordia

RESUMEN DE HALLAZGOS

A través de los equipos de medida utilizados en esta investigación, se puede evidenciar la presencia de corrientes eléctricas circulando por el tramo que llamamos A, el cual al circular corrientes por este conductor, también circula corriente por las estructuras metálicas que deberían estar desenergizadas según El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas “RETIE”; de modo que, los análisis de los circuitos eléctricos muestran que las conexiones actuales de los transformadores monofásicos pueden generar riesgos eléctricos a las personas que intervengan en los apoyos de energía, ya sea el personal técnico o personas que se acerquen a un apoyo de energía.

El tipo de conexión que actualmente se tiene en los transformadores monofásicos puede generar por propiedades de los circuitos eléctricos, una circulación de corriente a través de la tierra o del suelo, y esto no sería nada bueno ni para las personas que transitan ese lugar, ni para el propietario del transformador. La conexión actual de los transformadores monofásicos genera un conflicto eléctrico entre el sistema de puesta a tierra y el neutro del circuito eléctrico los cuales poseen características diferentes y están empleados en una misma configuración eléctrica. Igualmente, esa conexión compromete el buen funcionamiento del sistema de puesta a tierra (SPT), el cual está diseñado como el único sistema de protección contra las descargas atmosféricas en función del neutro del sistema, además puede ser una de las causas que ocasiona la alta quema de transformadores monofásicos, y que se reflejan en las estadísticas anuales de EPM.

Es por esto que la recomendación más importante en esta investigación es precisamente configurar una nueva forma de conectar los transformadores monofásicos a la red primaria, por lo que la idea es colocar el conductor que se conecta del borne del neutro del primario del transformador, hasta la línea neutra de la red a través del aire como se puede ver en la medida D,

y no por el poste de energía como se hace actualmente. Esto tendría respuestas muy importantes para los equipos eléctricos, para las personas y para los propietarios de los transformadores tanto en los aspectos jurídicos, técnicos, y de seguridad Ocupacional, porque sería la forma más correcta y segura de conectar eléctricamente los transformadores monofásicos.

REFERENCIAS

Arguelles, S. *Análisis comparativo de los grupos deconexión más importantes*. Separata del Curso Transformadores de Potencia. Seminario de tecnología transformadores

Benguria et al. Investigación EE. Recuperado de:

https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/Observacion_trabajo.pdf

Cerda, H. (1991). *Los elementos de la Investigación*. Bogotá: El Buho.

Cortes e Iglesias.

http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf

ENSA. Dirección de Distribución e Ingeniería (2011). *Criterio de Construcción, Operación y Mantenimiento Transformadores*

ING. TEC. EXP.M. Y OO.PP. Tecnología Eléctrica

Monje, (2011). <https://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Gu%C3%ADa+did%C3%A1ctica+Metodolog%C3%ADa+de+la+investigaci%C3%B3n.pdf>

Prolec. (2002). Transformador Pedestal Monofásico.

Rodríguez, M. Transformadores. Universidad de Cantabria. Departamento de Ingeniería eléctrica y energética.

Universidad de Chile. (2003). Conversión electromecánica de la energía. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.