

Estudiar el funcionamiento de una red de comunicación con tecnología PLC (Power Line Communications), aplicando condiciones estables y no estables a la red eléctrica.

Martin Fernando Poloche Barreto  
Johan Alexander Orjuela Forero

Universitaria Agustiniana Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería DE Telecomunicaciones  
Bogotá, D.C  
2018

Estudiar el funcionamiento de una red de comunicación con tecnología PLC (Power Line Communications), aplicando condiciones estables y no estables a la red eléctrica.

Martin Fernando Poloche Barreto  
Johan Alexander Orjuela Forero

Director  
Díaz Ramiro

Trabajo de grado para optar al título de profesional en Ingeniería telecomunicaciones

Universitaria Agustiniiana Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería de Telecomunicaciones  
Bogotá, D.C  
2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, a mis padres a todos que creyeron en mi para poder obtener este título.

## RESUMEN

La tecnología Power Line Communication consiste en transferir datos por el conductor eléctrico. Este proyecto realizó la comprobación del funcionamiento del dispositivo PLC en su transferencia de datos y ancho de banda aplicando diferentes entornos eléctricos como la variación de frecuencia, empalmes en el conductor eléctrico y conectándolos a diferentes fases, para realizar dichas pruebas se realizó la saturación de datos por medio de un programa de software libre llamado JPERF que lo ejecuta mediante un cliente y servidor en un tiempo de 16 horas continuas para tener 57600 datos. Se adquirieron dos dispositivos de marca diferente TPLINK y TRENDNET para comprobar si la fabricación del dispositivo afecta en el funcionamiento. En el objetivo de realizar la red de datos con variación de frecuencia se utilizó un variador de frecuencia ABB, con una capacidad de variación por entre 60 a 65 Hertz. En la red con empalmes se añadió un conductor eléctrico 3X10 AWG de 10 metros en la extensión de 30 metros. En el desarrollo del siguiente objetivo la prueba de conexión a diferente fase se realiza la conexión a un tablero ala fase S y otra R donde va conectado a cada fase un dispositivo PLC. Con estas pruebas realizadas se puede comprobar la afectación en las redes implementadas con cada uno de los dispositivos PLC. Con los datos obtenidos se puede graficar el comportamiento de la red realizando su promedio, máximo y mínimo de transferencia de datos y ancho de banda en cada entorno eléctrico.

Palabras claves: Dispositivo PLC, conductor eléctrico, transferencia de datos, ancho de banda, variación frecuencia, circuito bifásico, empalme.

## ABSTRACT

The Power Line Communication technology consists of transferring data through the electrical conductor. This project made the verification of the operation of the PLC device in its data transfer and bandwidth applying different electrical environments such as frequency variation, splices in the electrical conductor and connecting them to different phases, to perform these tests the data saturation was performed through a free software program called JPERF that runs it through a client and server in a time of 16 continuous hours to have 57600 data. Two devices of different brand TPLINK and TRENDNET were acquired to check whether the manufacture of the device affects its operation. In order to carry out the data network with frequency variation, an ABB frequency variator was used, with a capacity of variation between 60 and 65 Hertz. In the network with splices, an electric conductor 3X10 AWG of 10 meters was added in the extension of 30 meters. In the development of the next objective, the connection test to a different phase is made to the connection to a panel to the S phase and another R where a PLC device is connected to each phase. With these tests I can verify the effect on the networks implemented with each of the PLC devices. With the data obtained, the behavior of the network can be plotted, making its average, maximum and minimum data transfer and bandwidth in each electrical environment.

Keywords: PLC device, electrical conductor, data transfer, bandwidth, frequency variation, two-phase circuit, splice.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Introducción</b> .....	13
2. Problema de investigación.....	14
2.1 Idea del proyecto .....	14
2.2 Identificación del problema.....	15
2.3 Pregunta problema.....	15
2.4 Justificación.....	16
3. Objetivos .....	17
3.1 Objetivo general .....	17
<b>3.2 Objetivos específicos</b> .....	17
4. Estado del arte .....	18
5. MARCO DE REFERENCIA .....	22
5.1 Marco conceptual .....	22
6. MARCO LEGAL .....	25
6.1 Método de investigación .....	27
6.3 Cuadro de análisis metodológico .....	29
7. Cronograma .....	31
<b>8. Presupuesto</b> .....	33
9. Desarrollo del proyecto .....	35
9.1 Dispositivos PLC.....	35
9.2 Implementación de red con dispositivos PLC.....	38
9.3 Saturación de la red y captación de datos.....	41
9.4 Variación de frecuencia y tensión .....	44
9.5 Resultados de la prueba.....	46
<b>10. Empalmes en el conductor eléctrico</b> .....	52
10.1 Resultados de la prueba.....	54
<b>11. Conexión con un circuito bifásico</b> .....	58
11.1 Resultados de prueba.....	60
<b>12. Afectaciones las redes implementadas</b> .....	65
<b>13. Conclusiones</b> .....	72
14. Referencias .....	73
15. Anexos.....	76

15.1 Anexo1. Variación frecuencia.....	76
15.2 Anexo2. Empalmes conductores eléctricos.....	76
15.3 Anexo3. Conexión bifásica .....	76
15.4 Anexo4.Condiciones estables.....	76

## Listas de figuras

Figura 1. Diagrama de PLC (Power Line Comunnication).....	22
Figura 2 Bloque sistema de electrónico de comunicaciones.....	23
Figura 3 Etapas de investigación Experimental .....	28
Figura 4 Dispositivo PLC TPLINK TL- PA4010 .....	35
Figura 5 Dispositivo PLC TRENDNET MODEL: TPL-407E2K/A .....	36
Figura 6 Implementación de red con dispositivos PLC .....	38
Figura 7 Conductores eléctricos .....	39
<i>Figura 8 Conexión de PLC a PC .....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 9 Red implementada con dispositivos PLC.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 10 Conductor eléctrico y dispositivos PLC.....</i>	<i>40</i>
Figura 11 JPERF configuración IP.....	41
<i>Figura 12 JPERF configuración TRANSMIT Y OUTPUT .....</i>	<i>41</i>
Figura 13 JPERF configuración UDP .....	42
Figura 14 Configuración IP servidor.....	42
Figura 15 Configuración IP Cliente .....	43
Figura 16 Variador de Frecuencia ABB.....	44
Figura 17 Protección eléctrica.....	44
Figura 18 Implementación de red de datos con variador de frecuencia.....	45
Figura 19 Dispositivo TPLINK en corto.....	46
Figura 20 Dispositivo TPLINK en corto.....	46
Figura 21 TPLINK VS TRENDNET variación frecuencia transferencia de datos.....	47
Figura 22 Dispositivo TPLINK VS TRENDNET variación frecuencia ancho banda .....	48
Figura 23 TPLINK Y TRENDNET variación de frecuencia promedio transferencia de datos.....	49
Figura 24 TRENDNET Y TPLINK variación de frecuencia promedio ancho de banda.....	49
Figura 25 TPLINK y TRENDNET variación de frecuencia máximo transferencia de datos.....	50
Figura 26 TPLINK y TRENDNET variación de frecuencia máximo ancho de banda.....	50
Figura 27 TPLINK y TRENDNET variación de frecuencia mínimo transferencia de datos.....	51
Figura 28. TPLINK y TRENDNET variación de frecuencia mínimo transferencia de datos .....	51
Figura 29 Red implementada con dispositivo PLC con empalme .....	52
Figura 30 Empalme en el conductor eléctrico.....	53



Figura 31 Empalme en el conductor eléctrico encintado .....	53
Figura 32 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos.....	54
Figura 33 TPLINK y TRENDNET empalme ancho de banda.....	54
Figura 34 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos promedio .....	55
Figura 35 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos promedio .....	55
Figura 36 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos máximo .....	56
Figura 37 TPLINK y TRENDNET empalme ancho de banda máximo .....	56
Figura 38 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos mínimo .....	57
Figura 39 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos mínimo .....	57
Figura 40 Implementación de una red en un circuito bifásico conectados a diferentes fases.....	58
Figura 41 Conexión a circuito 24.....	59
Figura 42 Conexión a circuito 32.....	59
Figura 43 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica transferencia de datos .....	60
Figura 44 TPLINK y TRENDNET bifásica ancho de banda.....	61
Figura 45 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica transferencia de datos promedio.....	62
Figura 46 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica ancho de banda promedio.....	62
Figura 47 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica transferencia de datos máximo .....	63
Figura 48 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica ancho de banda máximo .....	63
Figura 49 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica transferencia de datos mínimo.....	64
Figura 50 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica ancho de banda mínimo.....	64
Figura 51 TPLINK y TRENDNET condiciones estables transferencia de datos .....	65
Figura 52. TPLINK y TRENDNET condiciones estables ancho de banda .....	66
Figura 53 Comparación de las redes implementadas con dispositivos PLC TPLINK con los diferentes entornos eléctricos en transferencia de datos .....	66
Figura 54 Comparación de las redes implementadas con dispositivos PLC TPLINK con los diferentes entornos eléctricos en ancho de banda .....	67
Figura 55 Comparación de las redes implementadas con dispositivos PLC TRENDNET con los diferentes entornos eléctricos en transferencia de datos .....	68
Figura 56 Comparación de las redes implementadas con dispositivos PLC TRENDNET con los diferentes entornos eléctricos en ancho de banda .....	68

Figura 57 Porcentaje de afectación de las redes implementadas con dispositivos PLC TPLINK con los diferentes entornos eléctricos en transferencia de datos.....69

Figura 58 Porcentaje de afectación de las redes implementadas con dispositivos PLC TPLINK con los diferentes entornos eléctricos en ancho de banda.....69

Figura 59 Porcentaje de afectación de las redes implementadas con dispositivos PLC TRENDNET con los diferentes entornos eléctricos en transferencia de datos .....70

Figura 60 Porcentaje de afectación de las redes implementadas con dispositivos PLC TRENDNET con los diferentes entornos eléctricos en ancho de banda.....70

## Lista de tablas

Tabla 1 Cuadro de análisis metodológico .....	29
Tabla 2 Cronograma de actividades .....	31
<i>Tabla 3 Presupuesto recursos humano .....</i>	<i>33</i>
Tabla 4 Presupuesto equipos .....	33
Tabla 5 Presupuesto material e insumos .....	33
<i>Tabla 6 Presupuesto general.....</i>	<i>34</i>
Tabla 7 Características TPLINK- PA4010.....	35
Tabla 8 Características TRENDNET TPL-407E2K/A.....	37
Tabla 9 Tabla de resumen de datos .....	71

## 1. Introducción

La tecnología de transmisión de datos tiene un reto ser cada día más eficiente en cualquier medio que se enfrente y dar diferentes alternativas sin que implique tener costos elevados o adicionales con un óptimo desempeño. La tecnología Power Line Communication indica que se puede transmitir datos a través del conductor eléctrico teniendo diferentes distancias y velocidades óptimas para poder dar un servicio de datos y ancho de banda eficiente. Esto implica que se debe comprobar si esta alternativa de transmisión de datos es una solución adecuada y óptima para ser implementada en cualquier medio eléctrico que se tenga por ejemplo con una red que presente variaciones de tensión, empalmes, conexión a diferente fase con todos los factores descritos anteriormente que son comportamientos de la red eléctrica usuales se debe analizar sus fortalezas y debilidades de esta tecnología de transmisión, así se poder tener un histórico de comportamiento funcionamiento para que sea un referente de consulta y conocimiento de la tecnología PLC.

Por esta razón este proyecto tiene como objetivo mostrar aquellas fortalezas y debilidades de la tecnología PLC, a través de pruebas implementando redes de datos con dispositivos PLC con entornos eléctricos diferentes, con la información adquirida de las pruebas mencionadas poder dar un análisis del comportamiento y cumplir con ser un precursor de la tecnología PLC para que sea conocida y utilizada.

Se adquirieron dos dispositivos PLC de diferente marca para implementar redes de datos con entornos eléctricos diferentes, con el software libre llamado JPERF versión 2.0.2 el cual tendrá como función saturar la red de datos en entornos eléctricos con variación de frecuencia, empalme y conexión diferente fases, para obtener datos de transferencia de datos y ancho de banda para poder visualizar el comportamiento en un lapso de tiempo.

Los resultados obtenidos se pueden definir si es posible implementar la red de datos con los entornos eléctricos que impacten en la parte física del dispositivo o afecte en su transferencia de datos o ancho de banda.

## **2. Problema de investigación**

### **2.1 Idea del proyecto**

Estudiar el funcionamiento de una red de comunicación con tecnología PLC (Power Line Communications), aplicando condiciones estables y no estables a la red eléctrica.

La tecnología Power Line Communication es una alternativa para transmitir datos por medio de la infraestructura eléctrica, pero que conocimiento se tiene de esta tecnología en funcionamiento y limitaciones a entornos eléctricos diferentes. Esto lleva a efectuar estudios de redes de comunicación con tecnología PLC, en ambientes eléctricos diferentes y comprobar su afectación, así poder evidenciar sus ventajas y desventajas, como consecuencia de realizar este estudio pueda ser un referente de consulta para implementación a las redes de comunicación con tecnología PLC en entornos eléctricos diferentes. Este estudio debe efectuarse con las condiciones estables de los dispositivos PLC y empezar a presentar variaciones usuales que se presentan en la red eléctrica para poder comprobar la afectación en velocidad de transmisión y ancho de banda, así poder dar a los usuarios herramientas para que analicen si es adecuado implementar una red de comunicación con esta tecnología.

## **2.2 Identificación del problema**

En Colombia la tecnología Power Line Communication no ha sido difundida en la industria o hogares como una alternativa de transmisión de datos utilizando la infraestructura eléctrica, sin esa popularidad no se tiene antecedentes de funcionamiento que limitaciones presenta, sin estos datos no se puede implementar redes con esta tecnología que sean eficientes para el usuario que las utilice. La tecnología PLC debe contar con datos de afectación en entornos eléctricos diferentes debido que muchas infraestructuras eléctricas presentan cambios en su tensión y frecuencia un ejemplo son las zonas rurales, un caso muy usual es las casas que no tienen una infraestructura eléctrica que no cuenta con la normatividad eléctrica rigurosa que está actualmente, sin estas referencias de afectación a sus parámetros de velocidad de transmisión y su ancho de banda no es posible darle al usuario la eficiencia de esta tecnología y determinar si es posible implementar la red en los escenarios ya mencionados.

## **2.3 Pregunta problema**

¿Qué afectaciones puede tener una red de comunicación implementada con tecnología Power Line Communication con diferentes entornos eléctricos?

## **2.4 Justificación**

La tecnología de transmisión de datos tiene un reto ser cada día más eficiente en cualquier medio que se enfrente y dar diferentes alternativas sin que implique tener costos elevados o adicionales con un óptimo desempeño. La tecnología Power Line Communication indica que se puede transmitir datos a través del conductor eléctrico teniendo diferentes distancias y velocidades óptimas para poder dar un servicio de internet, video llamadas, visualización de videos etc. Esto implica que se debe comprobar si esta alternativa de transmisión de datos es una solución adecuada y óptima para ser implementada en cualquier medio eléctrico que se tenga por ejemplo con una red que presente variaciones de tensión y frecuencia, con infraestructura eléctrica que no cumple normatividad, que esté conectada a un circuito bifásico, con todos los factores descritos anteriormente que son comportamientos de la red eléctrica usuales se debe analizar las fortalezas y debilidades de esta tecnología de transmisión PLC, así se poder tener un histórico de comportamiento funcionamiento para que sea un referente de consulta y conocimiento de la de redes implementada con dicha tecnología.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar el comportamiento de una red de comunicación con tecnología PLC (Power Line Communications), variando las condiciones en la red eléctrica.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Comprobar cómo afecta el funcionamiento de la red de comunicación implementada con tecnología PLC. aplicando variación de tensión y frecuencia en la red eléctrica.

Comprobar cómo afecta a la red de comunicación con tecnología PLC, cuando existen empalmes a diferentes distancias en la red eléctrica.

Conectar los dispositivos PLC en una red eléctrica bifásica con condiciones estables para comprobar el funcionamiento de la red de comunicación.

Con los resultados obtenidos determinar si la red de comunicación con tecnología PLC presenta defectos de funcionamiento en las condiciones eléctricas propuestas.



#### 4. Estado del arte

Esta investigación se realiza con propósito de aportar al conocimiento en el desarrollo de la tecnología PLC en inglés (power line communications) y asociar los contenidos y experiencias académicas adquirida durante los años de formación.

Lee J. Seon C. Kang M. Hong W (2006) presentan una descripción general de la tecnología de red PLC, su implementación y diseño en una versión de prueba en corea, con el objetivo de desarrollar tecnologías PLC que permitan una comunicación más rápida, sin interferencias, confiable y segura, con un gran efecto de costo beneficio en el uso de redes y computación también desarrollan e implementan PLC NMS para el monitoreo de la red de prueba.

En el desarrollo del modelo de red PLC de prueba la experiencia hasta ahora indica que el acceso a Internet y el servicio VoIP es viable y tan efectivo como las tecnologías de acceso a Internet de banda ancha existentes. Uno de los desafíos clave es desarrollar y desplegar productos competitivos en costos al usuario final. Creen que la tecnología PLC no solo es viable para la red de potencia sino también en el uso doméstico debido a que en la gran mayoría de hogares se cuenta con cableado eléctrico y múltiples dispositivos electrónicos que pueden ser conectados a internet por medio de PLC. (Lee J. Seon C. Kang M. Hong W 2006)

Según Shrotriya A. Saxena D. Kumari J (2006) la tecnología PLC se considera viable para la implementación de redes de comunicación mediante el uso del cableado eléctrico de alimentación para la transmisión de información digital sin embargo se presentan varios inconvenientes debido a la interferencia electromagnética generada por la impedancia de carga, con este documento intentan identificar distintos tipos de ruido presentes en el canal PLC y determinar el rendimiento de la tecnología PLC así mismo encontrar una técnica de codificación de canal adecuada para PLC.

Después de aplicar un enfoque innovador a los ruidos impulsivos que se estudian directamente en la fuente lleva a determinar menos ruidos en la fuente que en receptor y realizar una corrección efectiva en los dispositivos generadores de ruido, esto hace posible generar un modelo de filtrado

lineal variable en el tiempo para el canal PLC. Se identificaron cuatro tipos de ruido los cuales son ruido de color, ruido de fondo, ruido de banda estrecha y ruido impulsivo. (Shrotriya A. Saxena D. Kumari J 2006)

Para Pandit A, Bhatnagar A, Jalan A, Sarna A. (2014) surge la pregunta de por qué no usar el par de cables de energía eléctrica con una finalidad distinta a la alimentación de corriente alterna y adicionar a sus funciones la transmisión de voz y datos, cuando sabemos que desde hace muchos años tenemos esta infraestructura con un único fin, este documento se centra en obtener como único medio de transmisión de voz y datos, el par de cables eléctricos en las viviendas y se abre una puerta a la domótica.

Se puede emplear de manera viable y factible el cableado de alimentación eléctrica ya sea rural o urbano para la transmisión de voz y datos, las personas por lo general desconocen que este tipo de tecnología puede ser una alternativa para la comunicación en el hogar, el PLC es un sistema potente, único e innovador para el cual el costo puede ser inferior debido a la infraestructura con la que se cuenta y puede funcionar donde los dispositivos de radio frecuencia no funcionan. Surgen algunos problemas típicos con el ruido, atenuación en la línea, distorsión en el canal y componentes en el diseño. (Shrotriya A. Saxena D. Kumari J 2006).

Azeem M. Birhman V. (2014) tienen como objetivo recibir la medición de consumo de energía eléctrica en una ubicación remota, actualmente para la lectura de este consumo se utilizan recursos humanos importantes que se desplazan a cada punto, con este proyecto reducir los gastos que esto conlleva, para llevar a cabo el objetivo se usa un microcontrolador que monitorea y registra continuamente el medidor de energía en la ubicación remota y transmite las lecturas por medio de la tecnología PLC.

Con el uso de este sistema se puede ahorrar en mano de obra y tiempo, beneficiando a los usuarios con una lectura confiable y a los comercializadores de energía eléctrica con un costo inferior también se reduce la impresión de facturas y a nivel ecológico disminuye la contaminación. (Azeem M. Birhman V. 2014)

B. Vallbe (2010) presenta un análisis de la inmunidad electromagnética de los dispositivos de medición de comunicaciones de línea de banda ancha (PLC) en redes de suministro de baja tensión (LV) con altos niveles de disturbio. Se han llevado a cabo varias pruebas para caracterizar el

comportamiento de los módems PLC y acopladores en presencia de los tipos más comunes de perturbaciones e interferencias electromagnéticas (EMI) lo que puede esperarse en las redes de distribución de BT.

El método expuesto permite repetir las pruebas con diferentes módems, cables de comunicaciones y acopladores.

R.pudumai (2013) analiza la comunicación por línea eléctrica es una de las tecnologías emergentes utilizadas en comunicaciones de alta velocidad de datos digitales y de voz. Se ha utilizado con éxito en mucho tiempo real aplicaciones. Propone una de estas aplicaciones para automatizar una institución reemplazando tableros de aviso manuales o circulares por paneles de aviso digitales. Con una base de datos centralizada, frecuente actualización es fácilmente posible. El sistema utiliza las líneas eléctricas existentes para enviar los datos a un nodo o para emitir a varios nodos de la línea de energía. La dirección se asigna a cada receptor y su respuesta basada en sus comandos apropiados. La información a mostrarse se recibe desde el servidor principal y en la recepción cada nodo comprueba la contraseña y la exhibe. El diseño consta de un PC, módem PLC, Controlador y una pantalla LCD. El modelo propuesto con una comunicación por cable es mejor que el inalámbrico sistema de comunicación.

Aposotolos N (2013) para realizar la implementación de la comunicación por línea eléctrica requiere un conocimiento detallado de las propiedades del canal, como la función de transferencia, los niveles de ruido y la capacidad del canal para evaluar los servicios que se pueden prestar. En este papel, el escenario de interferencia en la energía de sobretensión de media tensión líneas de distribución causadas por campos electromagnéticos (EM) externos se examina centrándose en el ruido inducido. El EM externo se considera como la principal fuente de ruido y un nuevo método capaz de calcular los niveles de ruido correspondientes es presentado. El método propuesto se compara con otros métodos modelos y sus puntos fuertes. El efecto de la inducción de ruido a la capacidad de datos general de la comunicación de línea de alimentación canal. Eventualmente, la influencia de varios parámetros, tales como la magnitud y la dirección de propagación del campo EM externo, topología de red, propiedades EM de la tierra y diferentes niveles de emisiones sugeridos por diversas organizaciones influyen en la comunicación por PLC.

Canete, (2002) la utilización de nuevos sistemas de comunicación en redes de área local (LAN) promueve el estudio de medios alternativos para la implementación donde la red eléctrica presenta una gran ventaja con respecto a otros medios cableados, cabe resaltar que hay otras tecnologías como la inalámbrica, pero este servicio de comunicación por medio de la red eléctrica puede depender principalmente de los costos de equipos requeridos para la implementación.

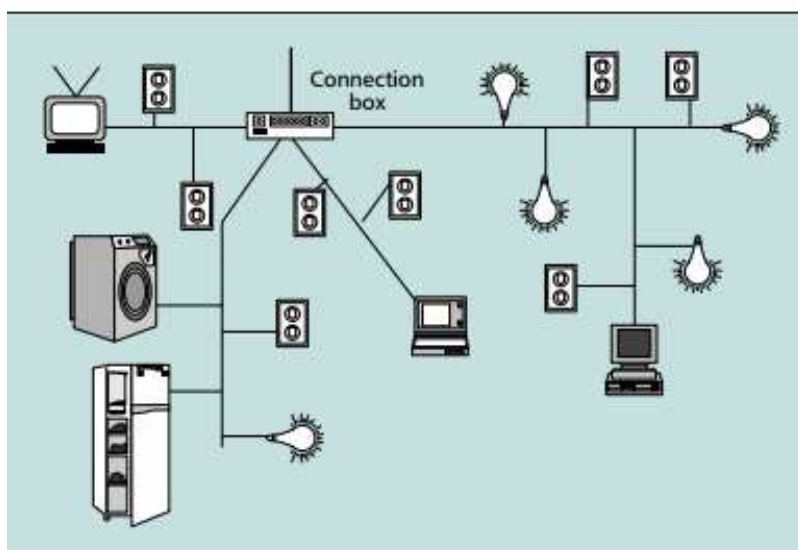
IEEE-1901(2010) estándar para dispositivos de comunicación de banda ancha por medio de líneas de red eléctrica, el estándar define un rango de frecuencias utilizables por debajo de los 100 MHz para todas las clases de dispositivos BPL este estándar se enfoca en el uso eficiente y balanceado del canal de comunicación, realizando preguntas básicas sobre el tema de seguridad de la información y está limitado a la capa física y sub capa de acceso.

G3-PLC (2016) desarrollado para cumplir con la necesidad de la industria de un estándar de comunicaciones Power Line. Que permita la visión de una red inteligente, que permita la comunicación alta velocidad, altamente confiable y de largo alcance que disminuya los costos de infraestructura, con su soporte de IPv6, G3-PLC puede ahorrar millones en costos de actualizaciones de red innecesarios. En diciembre de 2011 fue reconocido como un estándar de la UIT

## 5. MARCO DE REFERENCIA

### 5.1 Marco conceptual

Power Line Comunnication es una tecnología la cual permite ofrecer servicios de comunicación y ancho de banda a través de la red eléctrica. Su idea principal es poder transmitir datos por la línea eléctrica y poder ofrecer servicios de IP, la ventaja es que se tiene una infraestructura existente y de una extensa cobertura como es la red eléctrica para la presentación de servicios de comunicaciones (Ndlovu M,2004). Se centra en dos aplicaciones integrarla dentro de una red de área extensa como última milla, permitiendo la comunicación entre la subestación eléctrica y la red doméstica, y por otro lado, utilizarla para crear una red de área local (LAN, Local Area Network), usando la propia red eléctrica de la vivienda. La tecnología PLC supone por tanto un ahorro considerable al permitir utilizar los mismos cables de alimentación para transmitir datos, facilitando además la incorporación de nuevas funcionalidades, como se representa en la siguiente grafica 1 un diagrama general del PLC. (Vallejo (2011);Mora A B (2011))

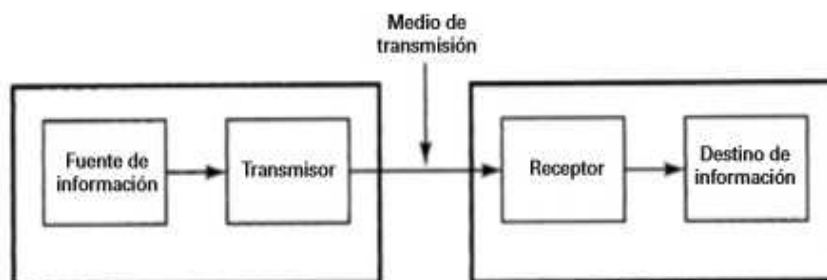


*Figura 1.* Diagrama de PLC (Power Line Comunnication)

Fuente: (Vallejo (2011);Mora A B (2011))

Sistema electrónico de comunicaciones: (W.Tomasi 2003) Un transmisor es un conjunto de uno o más dispositivos o circuitos electrónicos que convierte la información de la fuente original en una señal que se presta más a su transmisión a través de determinado medio de transmisión. El medio de transmisión transporta las señales desde el transmisor hasta el receptor, y puede ser tan sencillo

como un par de conductores de cobre que propaguen las señales en forma de flujo de corriente eléctrica. La grafica 2 muestra la descripción de un sistema de comunicaciones



*Figura 2* Bloque sistema de electrónico de comunicaciones

Fuente: (Tomasi 2003)

Modulación: (Tomasi 2003) “la información de la fuente, con una señal analógica de mayor frecuencia, llamada portadora, es en esencia, la señal portadora transporta la información a través del sistema. La señal de información modula a la portadora, cambiando su amplitud, su frecuencia o su fase. Modulación no es más que el proceso de cambiar una o más propiedades de la portadora, en proporción con la señal de información. Un sistema analógico de comunicaciones es aquel en el cual la energía se transmite y se recibe en forma analógica: una señal de variación continua, como por ejemplo una onda senoidal. En los sistemas analógicos de comunicaciones, tanto la información como la portadora son señales analógicas. Sin embargo, el término comunicaciones digitales abarca una amplia variedad de técnicas de comunicación, que incluyen transmisión digital y radio digital.” (p. 2-3.).

Ancho de banda y capacidad de información: (Tomasi 2003) “El ancho de banda de una señal de información no es más que la diferencia entre las frecuencias máxima y mínima contenidas en la información, y el ancho de banda de un canal de comunicaciones es la diferencia entre las frecuencias máxima y mínima que pueden pasar por el canal (es decir, son su *banda de paso*). El ancho de banda de un canal de comunicaciones debe ser suficientemente grande (ancho) para pasar todas las frecuencias importantes de la información. En otras palabras, el ancho de banda del canal de comunicaciones debe ser igual o mayor que el ancho de banda de la información. Por ejemplo, las frecuencias de voz contienen señales de 300 a 3000 Hz. Por

consiguiente, un canal para frecuencias de voz debe tener una amplitud igual o mayor que 2700 Hz (3000 Hz - 300 Hz). Si un sistema de transmisión de televisión por cable tiene una banda de paso de 500 a 5000 kHz, su amplitud de banda es 4500 kHz. Como regla general, un canal de comunicaciones no puede propagar una señal que contenga una frecuencia que cambie con mayor rapidez que la amplitud de banda del canal.” (p. 8.).

Conductor activo: (Retie 2013) “Aquella parte destinada, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.” (p. 20.).

Conductor Energizado: (Retie 2013) “Todo aquel que no está conectado a tierra.” (p. 20.).

Fase: (Retie 2013) “Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.” (p. 23.).

Frecuencia: (Retie 2013) “Número de períodos por segundo de una onda. Se mide en Hertz o ciclos por segundo.” (p. 23.).

Tensión: (Retie 2013) “La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje”. (p. 31.).

## 6. MARCO LEGAL

Este proyecto se desarrollará con la ley 1286 DE 2009 para cumplir el objetivo la cual se describe a continuación: “se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones.

### Artículo. 1°. Objetivo general

El objetivo general de la presente ley es fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y a Colciencias para lograr un modelo productivo sustentado en la ciencia, la tecnología y la innovación, para darle valor agregado a los productos y servicios de nuestra economía y propiciar el desarrollo productivo y una nueva industria nacional.

### Artículo 2°. Objetivos específicos.

Por medio de la presente Ley se desarrollan los derechos de los ciudadanos y los deberes del Estado en materia del desarrollo del conocimiento científico, del desarrollo tecnológico y de la innovación, se consolidan los avances hechos por la Ley 29 de 1990, mediante los siguientes objetivos específicos:

1. Fortalecer una cultura basada en la generación, la apropiación y la divulgación del conocimiento y la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la innovación y el aprendizaje permanentes.
2. Definir las bases para la formulación de un Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.
3. Incorporar la ciencia, la tecnología y la innovación, como ejes transversales de la política económica y social del país.

### Artículo 3°. Bases para la Consolidación de una Política de Estado en Ciencia, Tecnología e Innovación.

Además de las acciones previstas en el artículo 2° de la Ley 29 de 1990 y la Ley 115 de 1994, las políticas públicas en materia de estímulo y fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación, estarán orientadas por los siguientes propósitos:

1. Incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad del país para dar valor agregado a los productos y servicios de origen nacional y elevar el bienestar de la población en todas sus dimensiones.



2. Incorporar la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación a los procesos productivos, para incrementar la productividad y la competitividad que requiere el aparato productivo nacional.

En este proyecto aplicara la ley 1341 del 2009 “Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones - tic-, se crea la agencia nacional de espectro y se dictan otras disposiciones”

## Capítulo I

### Definición De Política, Regulación, Vigilancia Y Control De Las Tecnologías De La Información Y Las Comunicaciones

#### ARTICULO 2.- PRINCIPIOS ORIENTADORES.

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones deben servir al interés general y es deber del Estado promover su acceso eficiente y en igualdad de oportunidades, a todos los habitantes del territorio nacional. Son principios orientadores de la presente

Ley: 1. Prioridad al acceso y uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. El Estado y en general todos los agentes del sector de / las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones deberán colaborar, dentro del marco de sus obligaciones, para priorizar el acceso y uso a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la producción de bienes y servicios, en condiciones no discriminatorias en la conectividad, la educación los contenidos y la competitividad.

Ley 2. Libre competencia. El Estado propiciará escenarios de libre y leal competencia que incentiven la inversión actual y futura en el sector de las TIC y que permitan la concurrencia al mercado, con observancia del régimen de competencia, bajo precios de mercado y en condiciones de igualdad. Sin perjuicio de lo anterior, el Estado no podrá fijar condiciones distintas ni privilegios a favor de unos competidores en situaciones similares a las de otros y propiciará la sana competencia.

#### ARTICULO 16.- MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES.

2. Promover el uso y apropiación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones entre las ciudadanas, las empresas, el gobierno y demás instancias nacionales como soporte del desarrollo social, económico y político de la Nación.

3. Impulsar el desarrollo y fortalecimiento del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, promover la investigación e innovación buscando su competitividad y avance tecnológico conforme al entorno nacional e internacional.

#### ARTICULO 18. FUNCIONES DEL MINISTERIO COMUNICACIONES

3. Promover el establecimiento de una cultura de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el país, a través de programas y proyectos que favorezcan la apropiación y masificación de las tecnologías, como instrumentos que facilitan el bienestar y el desarrollo personal y social.

### **6.1 Método de investigación**

Para Arias (1971) “la investigación es una serie de métodos para resolver problemas cuyas soluciones necesitan deben ser obtenidas por una serie de operaciones lógicas, tomando como punto de partida datos objetivos”, la investigación es un proceso sistemático, basada en un método para demostrar o dar respuesta a preguntas o situaciones específicas de la vida real. Para poder realizar una investigación se debe:

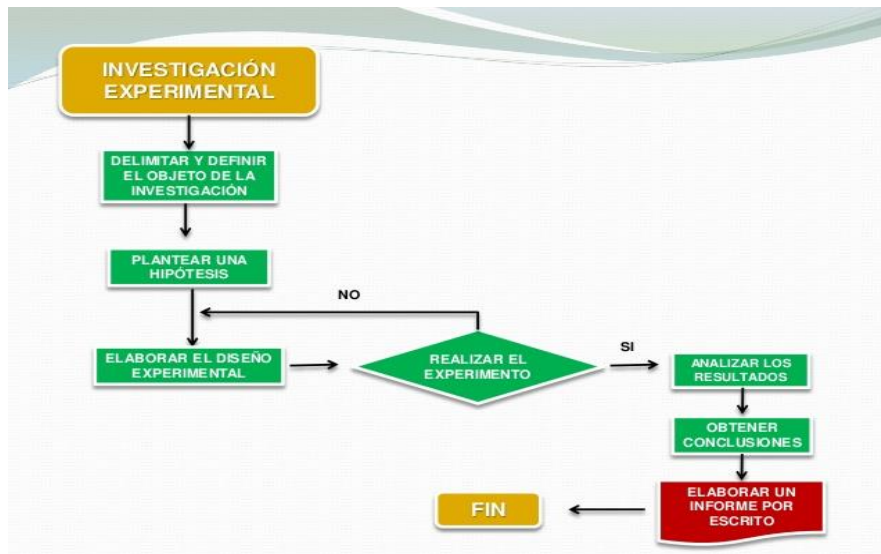
- Planear una metodología.
- Establecer una serie de pasos para lograr los objetivos de la investigación.
- Recoger, registrar, y analizar los datos obtenidos.
- Determinar instrumentos para la recolección de la información.
- Crear los instrumentos si no existen.

En este proyecto se utilizará el diseño experimental. Para Peña K y Jiménez I (2017) es conocido también como diseño de controles aleatorios o modelo experimental, en esta clase de diseño el investigador debe establecer un conjunto de situaciones y relaciones de causas y efectos bajo condiciones específicas y aplicar el método científico en el cual observan, miden y evalúan los resultados obtenidos. El diseño experimental puede utilizar diferentes metodologías que dependen de la disponibilidad tanto de recursos materiales como de recursos humanos y el tiempo, tamaño y objetivos de la investigación. Entre los principales objetivos del diseño experimental encontramos:

- Identificar y valorar las variables que tienen mayor influencia sobre las otras
- Analizar y calcular las variables controlables
- Analizar el comportamiento de las variables al combinar varias de ellas y analizar el comportamiento de las no controlables.

- Identificar el comportamiento que sobre los resultados tienen las variables

En la figura 5 se muestra las etapas se debe seguir para poder utilizar una investigación experimental.



*Figura 3 Etapas de investigación Experimental*

Fuente:(Gutiérrez 2004)

En este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un dispositivo que me permita transmitir datos por medio del conductor eléctrico, lo cual implica utilizar un método de investigación cuantitativa de tipo diseño experimental en el cual se ve representado que mi variables como datos y tensiones, corrientes, las cuales pueden ser controladas para poder ser utilizadas para llevar acabo la transmisión de datos de una forma satisfactoria, poder medir variables como ancho de banda y velocidad de transmisión las cuales son de suma importancia en una red de datos.

### 6.3 Cuadro de análisis metodológico

En la siguiente tabla 1 se describe el desarrollo de los objetivos del proyecto con su respectiva población que interviene y los entregables:

Tabla 1 Cuadro de análisis metodológico

<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>INSTRUMENTO O MÉTODO QUE TOCA DESARROLLAR</b>	<b>POBLACIÓN QUE INTERVIENE</b>	<b>ENTREGABLE</b>
Comprobar cómo afecta el funcionamiento de la red de comunicación implementada con tecnología PLC. aplicando variación de tensión y frecuencia en la red eléctrica.	Documentos de los protocolos de pruebas con la tecnología PLC variando frecuencia y tensión.	Artículos o documentos de proyectos de la elaboración de las pruebas a implementar.	Documentación de las pruebas a realizar a la red comunicación (variables, métodos y mediciones)
	Definición de los protocolos de pruebas a la red de comunicación con tecnología PLC, variando frecuencia y tensión	Equipos y variables identificadas para implementar las pruebas a la red.	Documentación de las pruebas y equipos a utilizar
	Implementación de las pruebas de la red comunicación.	Diseño de las pruebas de la red comunicación variando los parámetros mencionados	Documentación de los resultados de las pruebas.
Comprobar cómo afecta a la red de comunicación con tecnología PLC, cuando existen empalmes a diferentes distancias en la red eléctrica.	Documentos de los protocolos de pruebas con la tecnología PLC, cuando existen empalmes a diferentes distancias en la red eléctrica.	Artículos o documentos de proyectos de la elaboración de las pruebas a implementar.	Documentación de las pruebas a realizar a la red comunicación (variables, métodos y mediciones)
	Definición de los protocolos de pruebas a la red de comunicación con tecnología PLC, cuando existen empalmes a diferentes distancias en la red eléctrica.	Equipos y variables identificadas para implementar las pruebas a la red	Documentación de las pruebas y equipos a utilizar
	Implementación de las pruebas de la red comunicación.	Diseño de las pruebas de la red comunicación cuando existe la modificación en la infraestructura eléctrica	Documentación de los resultados de la prueba

	Documentos de los protocolos de pruebas con la tecnología PLC, en una red eléctrica bifásica con condiciones estables.	Artículos o documentos de proyectos de la elaboración de las pruebas a implementar	Documentación de las pruebas a realizar de transmisión (variables, métodos y mediciones)
Conectar los dispositivos PLC en una red eléctrica bifásica con condiciones estables para comprobar el funcionamiento de la red de comunicación.	Definición de protocolos de pruebas a la red de comunicación con tecnología PLC, en una red eléctrica bifásica con condiciones estables.	Equipos y variables identificadas para implementar las pruebas a la red	Documentación de las pruebas y equipos a utilizar
	Implementación de las pruebas de la red comunicación.	Diseño de las pruebas de la red comunicación en una red eléctrica bifásica	Documentación de los resultados
	Documentación de las pruebas realizadas	Registros de las pruebas realizadas.	Documentación de los resultados de las pruebas
Con los resultados obtenidos determinar si la red de comunicación con tecnología PLC presenta defectos de funcionamiento en las condiciones eléctricas propuestas	Definición del funcionamiento de la red con las pruebas realizadas.	Variables identificadas para evidenciar el funcionamiento de la red	Documentación de la medición de las variables para determinar funcionamiento de la red
	Determinar el funcionamiento de la red de comunicación.	Realizar un informe del funcionamiento de la red	Informe del funcionamiento de la red con las condiciones eléctricas propuestas

Nota. Autoría propia.



MÉTODOS Y MEDICIONES)																												
DOCUMENTACIÓN DE LAS PRUEBAS Y EQUIPOS A UTILIZAR																												
DOCUMENTACIÓN DE LOS RESULTADOS																												
DOCUMENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS																												
DOCUMENTACIÓN DE LA MEDICIÓN DE LAS VARIABLES PARA DETERMINAR FUNCIONAMIENTO DE LA RED																												
INFORME DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RED CON LAS CONDICIONES ELÉCTRICAS PROPUESTAS																												
CONCLUSIONES																												
DOCUMENTACIÓN PRESENTACIÓN																												

Nota. Autoría propia.

## 8. Presupuesto

Tabla 3 Presupuesto recursos humano

RECURSOS HUMANOS			
PERFIL	JUSTIFICACIÓN	CANTIDAD	VALOR
Investigador	Personas encargadas del desarrollo del proyecto	2	\$ 17.700.000

Nota. Autoría propia.

Tabla 4 Presupuesto equipos

EQUIPOS		
JUSTIFICACIÓN	CANTIDAD	VALOR
Computador	2	\$ 4.000.000
Dispositivos PLC	2	\$ 400.000
Variador de Frecuencia (Alquilado)	1	\$ 1.000.000
Pinza Amperimétrica (Alquilado)	1	\$ 400.000
Transformador (Alquilado)	1	\$ 1.000.000

Nota. Autoría propia.

Tabla 5 Presupuesto material e insumos

MATERIALES E INSUMOS			
MATERIALES	JUSTIFICACIÓN	CANTIDAD	VALOR
Conductores eléctricos encauchetado 3x12	Protocolos de prueba	40 metros	\$ 300.000
Conductores eléctricos encauchetado 3x10	Protocolos de prueba	10 metros	\$ 50.000
Tomas eléctricas	Protocolos de prueba	2	\$ 50.000
Patch cord ( CAT. 5E)	Protocolos de prueba	2	\$ 50.000

Nota. Autoría propia.



*Tabla 6 Presupuesto general*

PRESUPUESTO GENERAL	
ITEM	VALOR
RECURSOS HUMANOS	\$ 17.700.000
EQUIPOS	\$ 6.800.000
MATERIALES E INSUMOS	\$ 450.000
SUMATORIA	\$ 24.950.000

Nota. Autoría propia.

## 9. Desarrollo del proyecto

### 9.1 Dispositivos PLC

Para poder llevar a cabo los objetivos propuestos, se planificó comprar dos diferentes dispositivos PLC y con cada uno de estos dispositivos implementará la red con entornos eléctricos diferentes para poder comprobar si se presenta alguna anomalía, teniendo en cuenta la fabricación del producto si tiene alguna afectación. Se escogen dos dispositivos con las mismas especificaciones como se muestra a continuación:



*Figura 4 Dispositivo PLC TPLINK TL- PA4010*

Fuente: (Olcbarbados,2018)

*Tabla 7 Características TPLINK- PA4010*

CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE	
Tipo de Enchufe	EU, UK, US
Estándares y Protocolos	HomePlug AV, IEEE802.3, IEEE802.3u
Interfaz	1 Puerto Ethernet 10/100Mbps
Botones	Botón de Emparejamiento
Consumo de Potencia	Máximo: 2.30W
Modo Standard	2.13W
Modo en espera	0.44W
LED	PWR, PLC, ETH
Dimensiones	2.6 x 2.0 x 1.1 in.(65×52×28.5mm)
Alcance	300M dentro de la casa
CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE	
Tecnología de Modulación	OFDM

Encriptación	Encriptación AES de 128-bits
OTROS	
Certificaciones	CE, FCC, RoHS
Contenido del Paquete	Adaptador Powerline Ethernet
	Cable Ethernet
	CD de utilidades
	Guía de Instalación Rápida
Requisitos del sistema	Windows 8/7/Vista/XP/2000, Mac, Linux
Factores Ambientales	Temperatura de funcionamiento: 0°C~40°C (32°F~104°F)
Temperatura de almacenamiento:	-40°C~70°C (-40°F~158°F)
Humedad de funcionamiento:	10%~90% sin condensación
Humedad de almacenamiento:	5%~90% sin condensación

Nota. Autoría propia.

TRENDNET MODEL: TPL-407E2K/A



*Figura 5 Dispositivo PLC TRENDNET MODEL: TPL-407E2K/A*

Fuente; (Amazon, 2018)

*Tabla 8 Características TRENDNET TPL-407E2K/A*

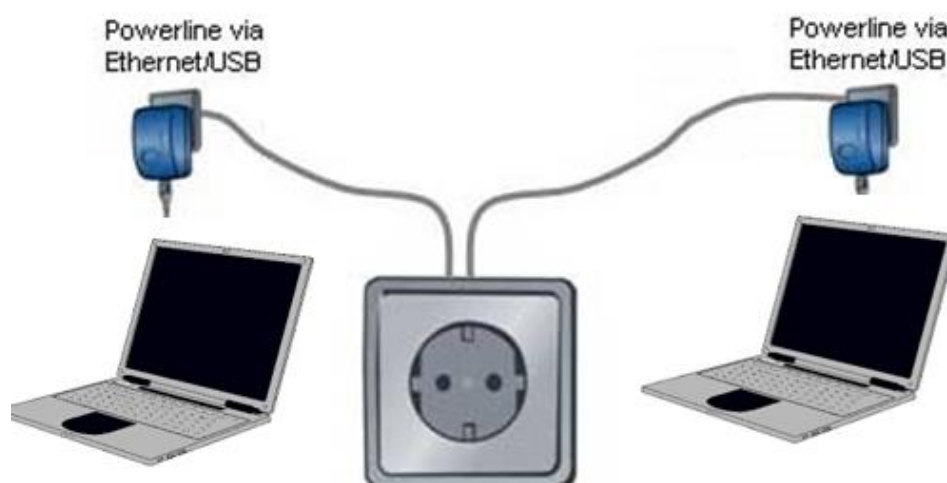
HARDWARE	
Standards	IEEE 1901, HomePlug® AV, IEEE 802.3, IEEE 802.3x, IEEE 802.3u
Interface	1 x 10/100 Mbps Auto-MDIX RJ-45 port
	1 x built-in electrical power socket with noise filtering
	A: North America Type B (NEMA 5–15) (15 A max. @ 120 V AC)
	EU: European Type F (CEE 7/7) (16 A max. @ 250 V AC)
	FEU/FR: French Type E (CEE 7/7) (16 A max. @ 250 V AC)
	UK: United Kingdom Type G (BS 1363) (13 A max. @ 250 V AC)
	1 x sync/reset button
	Power prong
	A: North America Type B (NEMA 5–15)
	EU: European Type E/F Hybrid (CEE 7/7)
	FEU/FR: French Type E/F Hybrid (CEE 7/7)
	UK: United Kingdom Type G (BS 1363)
Frequency Band	2 ~ 68 MHz
Modulation	OFDM Symbol Modulation on link synchronization, 1024/256/64/8 QAM, QPSK, BPSK, ROBO Carrier
Protocol	TDMA and CSMA/CA
Speed	Ethernet: Up to 200 Mbps (Full Duplex mode)
Utility OS Compatibility	Windows® 8.1, 8, 7, Vista and XP
Nodes	Up to 8 (max.)
Overlapping Powerline Networks	Up to 4 (per electrical system)
Coverage	Up to 300 m (984 ft.)
Encryption	128-Bit AES (Advanced Encryption Standard)
LED	Power (PWR)
	Powerline (PL) Connection
	Green (Best)
	Amber (Better)
	Red (Good)
	Off (No connection)
	Ethernet (ETH) Connection
	Solid (connection)
	Blinking (activity)
	Off (no connection)
Buttons	Sync (3 sec.)/Reset (20 sec.)
Dimension (L x W x H)	A: 78 x 55 x 59 mm (3.07 x 2.17 x 2.32 in.) per unit
	EU: 78 x 55 x 77 mm (3.07 x 2.17 x 3.03 in.) per unit

	FEU/FR: 78 x 55 x 75 mm (3.07 x 2.17 x 2.95 in.) per unit
	UK: 78 x 55 x 68 mm (3.07 x 2.17 x 2.68 in.) per unit
Weight	A: 102 g (3.6 oz) per unit
	EU: 138 g (4.87 oz) per unit
	FEU/FR: 138 g (4.87 oz) per unit
	UK: 134 g (4.73 oz) per unit
Power Source	100~250 V AC, 50~60 Hz
Consumption	Active mode: 3 Watts (max.)
	Standby mode: 0.5 Watts (max.)
Temperature	Operating: 0° ~ 40°C (32° ~ 104°F)
	Storage: -10° ~ 55°C (14° ~ 131°F)
Humidity	Max 95% (non-condensing)
Certifications	CE, FCC

Nota. Autoría propia.

## 9.2 Implementación de red con dispositivos PLC

Se implemento la red con los dispositivos PLC, como se muestra en la siguiente imagen:



*Figura 6 Implementación de red con dispositivos PLC*

Fuente: (Ccoontigocampus, 2013)

Se utilizó 40 metros de cable encauchetado 3x12 cada uno con una toma instalada con una distancia 30 metros que será el conductor de energía eléctrica y de datos, se tiene otro conductor eléctrico de calibre 10 para realizar los empalmes como se muestra en la figura 7:



*Figura 7 Conductores eléctricos*

Fuente: Nota. Autoría propia.

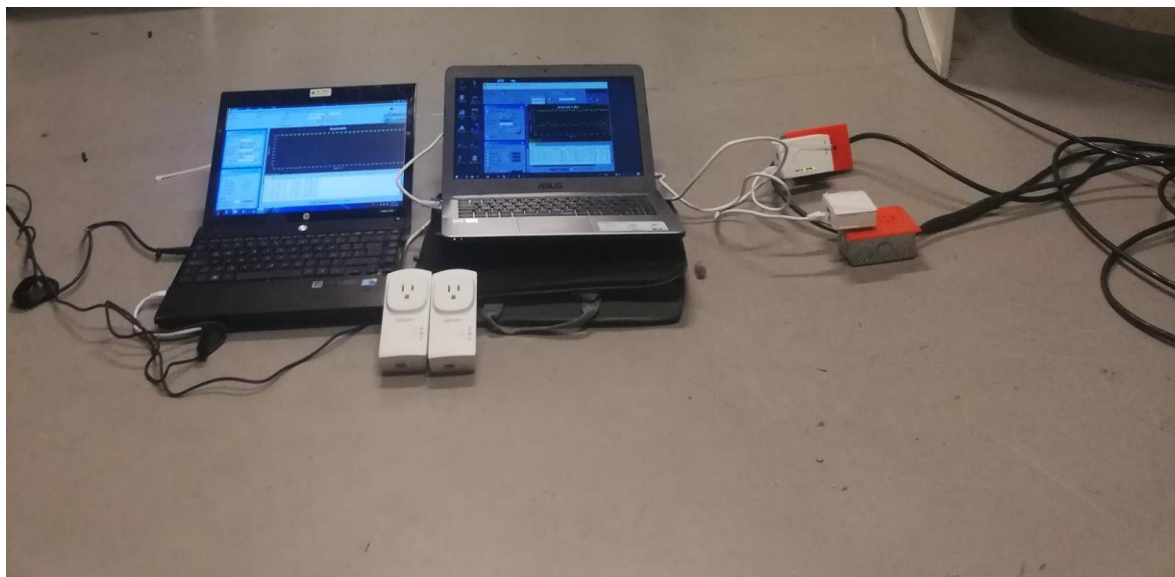
Para la conexión del dispositivo PLC se tiene un dispositivo maestro y otro esclavo, el maestro se conecta al router o switch por cable ethernet y cuenta con otro conector ethernet para conexión del computador portátil, para la conexión de los portátiles al dispositivo PLC se utilizó un patch cord categoría 5 de 2 metros que venía en la compra de los dispositivos, la conexión del dispositivo al portátil se muestra en la figura 8:



*Figura 8 Conexión de PLC a PC*

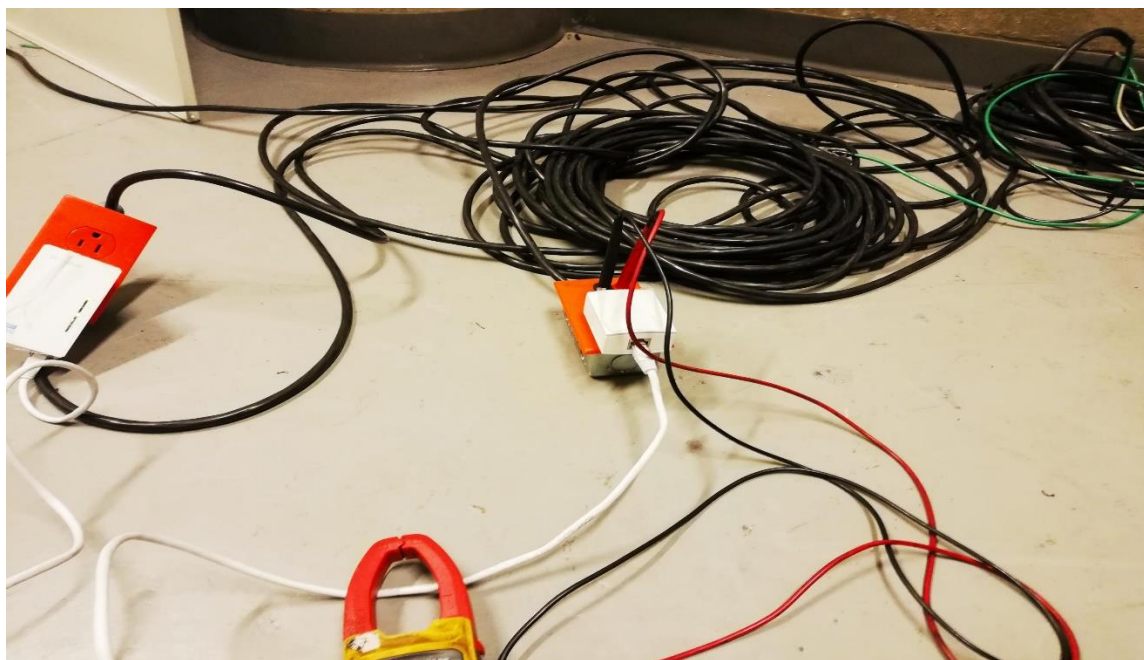
Fuente: Nota. Autoría propia.

La red quedo implementada con el maestro conectando un portátil sin conexión a switch ni router, el esclavo quedo conectando el otro portátil con una distancia de separación entre conexión eléctrica de 35 metros, se aclara como se muestra en la figura 9 y 10:



*Figura 9 Red implementada con dispositivos PLC*

Fuente: Nota. Autoría propia

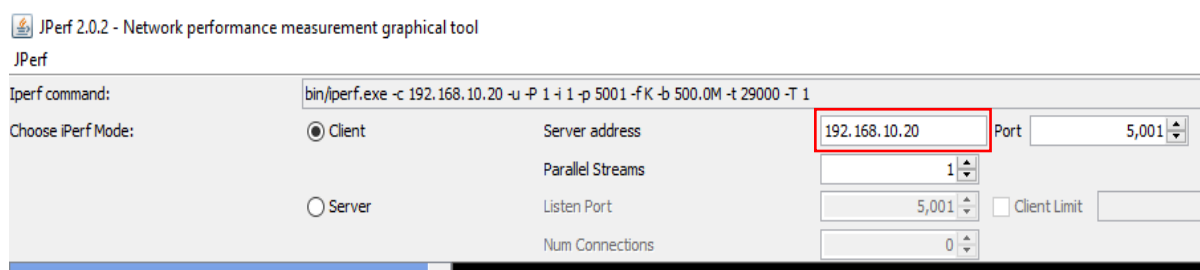


*Figura 10 Conductor eléctrico y dispositivos PLC*

Nota. Autoría propia

### 9.3 Saturación de la red y captación de datos

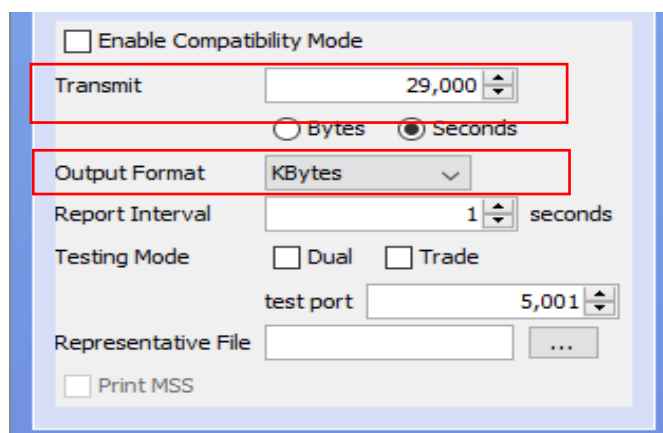
Para realizar las pruebas de la implementación de red en entornos eléctricos diferentes, se hace necesario transmitir datos en un lapso de tiempo prologando, aplicando una saturación en el ancho de banda y la velocidad de transmisión, mientras se aplica las variaciones eléctricas propuestas. Para lograr esta meta se utiliza un programa de software libre llamado JPERF versión 2.0.2, que consiste en tener un cliente y servidor el cual saturaba la red transmitiendo los datos. Para poder configurar el cliente se coloca una dirección IP como se muestra en la figura 11:



*Figura 11 JPERF configuración IP*

(JPERF, 2003)

Se configura el tiempo de transmisión y la salida de medida en Kbytes como muestra en la figura 12:

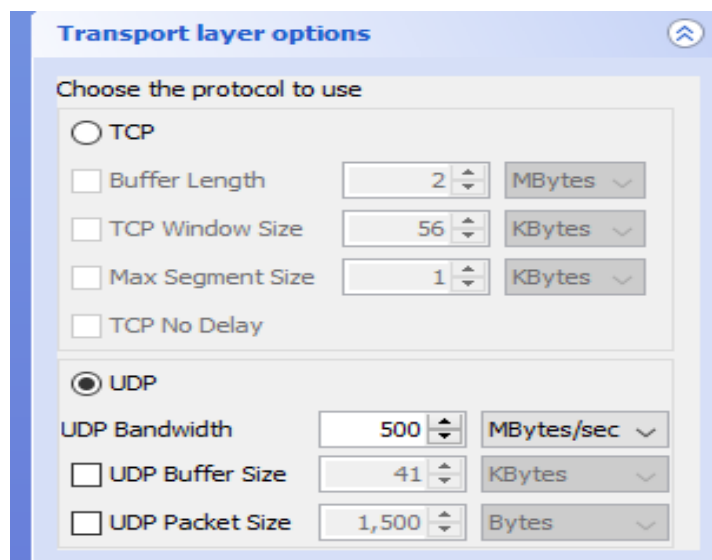


*Figura 12 JPERF configuración TRANSMIT Y OUTPUT*

(JPERF, 2003)



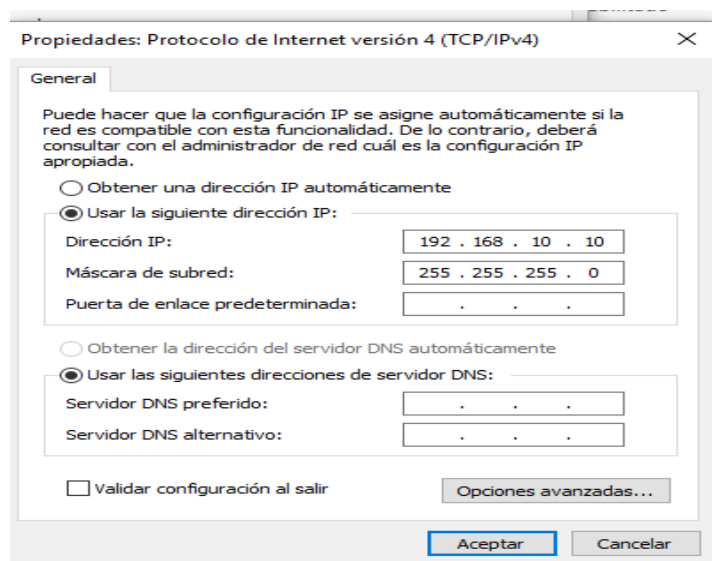
Se configura el tiempo de utilización de la transmisión, se coloca la saturación de datos por medio de UDP se coloca 500 Mbytes/sec, según las especificaciones que es el máximo de ancho de banda que puede tener el dispositivo PLC como se muestra en la figura 13:



*Figura 13 JPERF configuración UDP*

(JPERF, 2003)

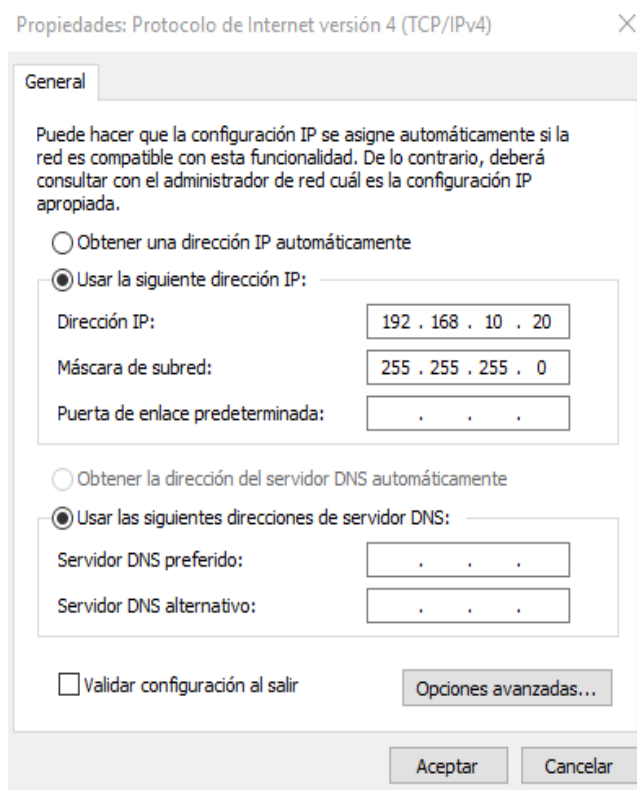
Se implemento una dirección don direcciones IP para el servidor como muestra la figura 14:



*Figura 14 Configuración IP servidor*

Nota. Autoría propia

La dirección IP para el cliente se muestra en la figura 15:



*Figura 15 Configuración IP Cliente*

Nota. Autoría propia

Con la implementación de esta red con sus componentes de hardware y software mostrados anteriormente se implementará las pruebas con entornos eléctricos diferentes que tendrá modificación dependiendo de la variable eléctrica a modificar.

#### 9.4 Variación de frecuencia y tensión

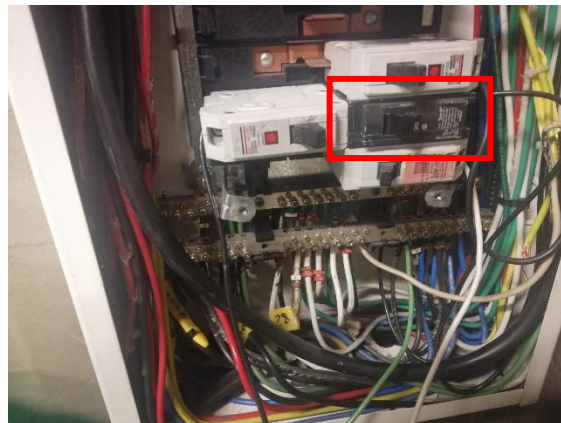
La prueba en la red de datos con dispositivos PLC variando la frecuencia y tensión, se colocó un variador de frecuencia con marca ABB IP20/UL como se muestra en la figura 16:



*Figura 16 Variador de Frecuencia ABB*

Nota. Autoría propia

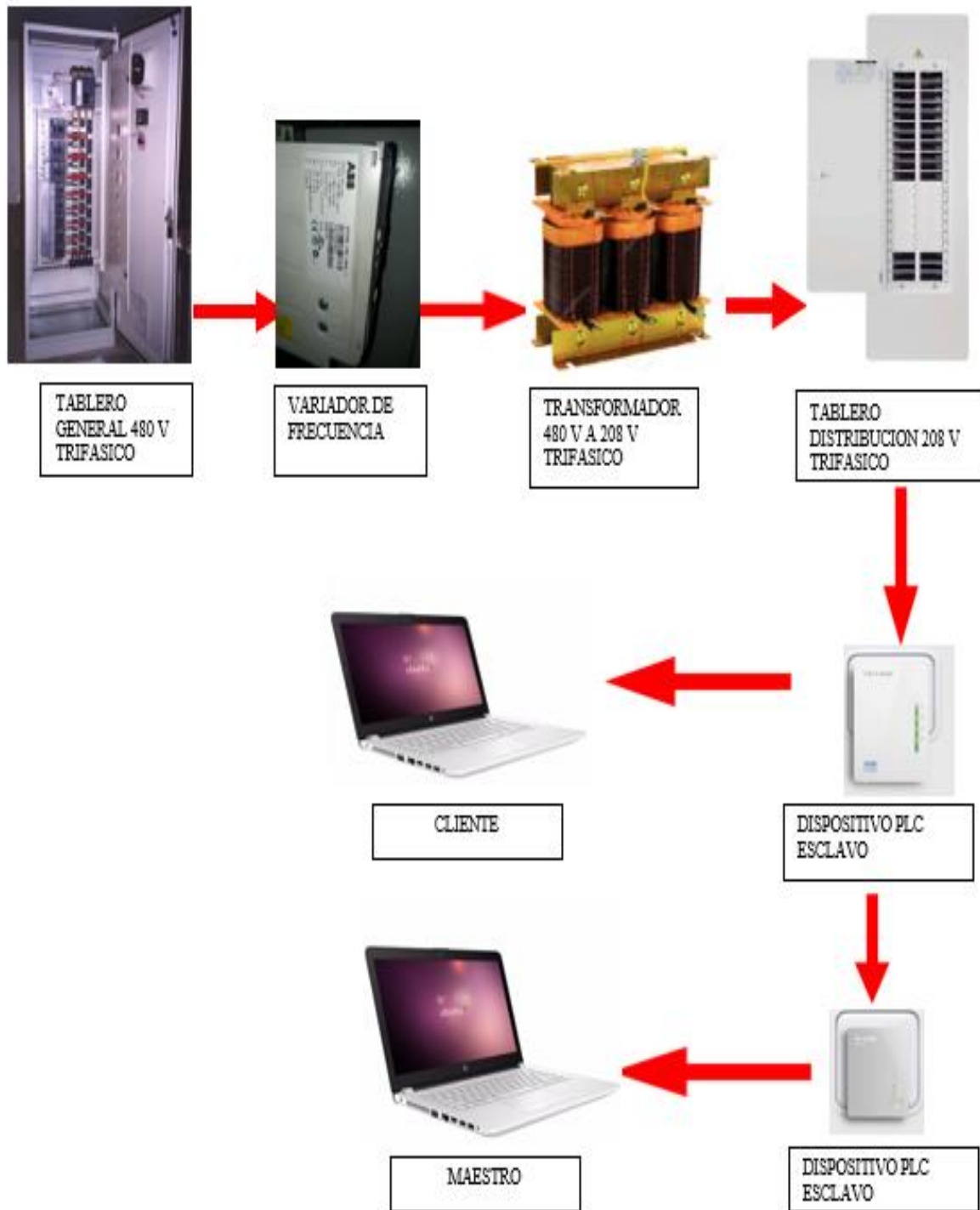
El variador se conectó un transformador de 20 KVA trifásico de 480 Vac a 208 Vac la salida va a un tablero trifásico donde se conector el conductor eléctrico encauchetado 3X12 de 35 metros se conectó a una protección de 20 A como se muestra en la figura 17:



*Figura 17 Protección eléctrica*

Nota. Autoría propia

Todo el montaje para la red de datos presentando variación de frecuencia y tensión se muestra a continuación en la figura 18:

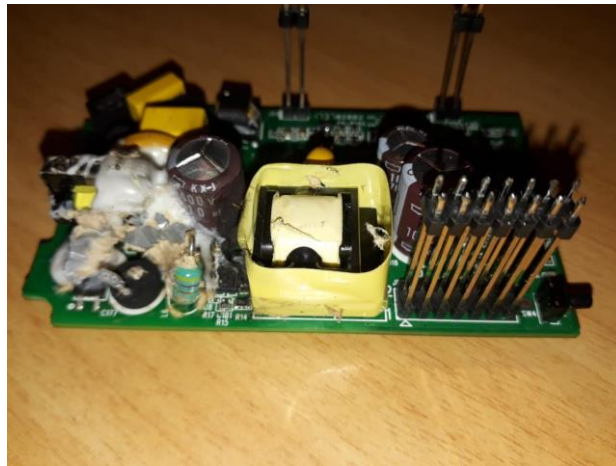


*Figura 18 Implementación de red de datos con variador de frecuencia*

Nota. Autoría propia

### 9.5 Resultados de la prueba

Con las pruebas realizadas de variación de frecuencia y tensión, se pudo comprobar que los dispositivos PLC no tienen tolerancia a frecuencias que varíen de 60 a 65 Hertz por sus componentes electrónicos no son fabricados para operar con esa frecuencia, debido a esta condición el dispositivo PLC de marca TPLINK solo duro diez minutos implementando la red variando la frecuencia a 65 Hertz y tuvo un corto interno en sus componentes electrónicos, como se muestra en las figuras 19 y 20:



*Figura 19 Dispositivo TPLINK en corto*

Nota. Autoría propia

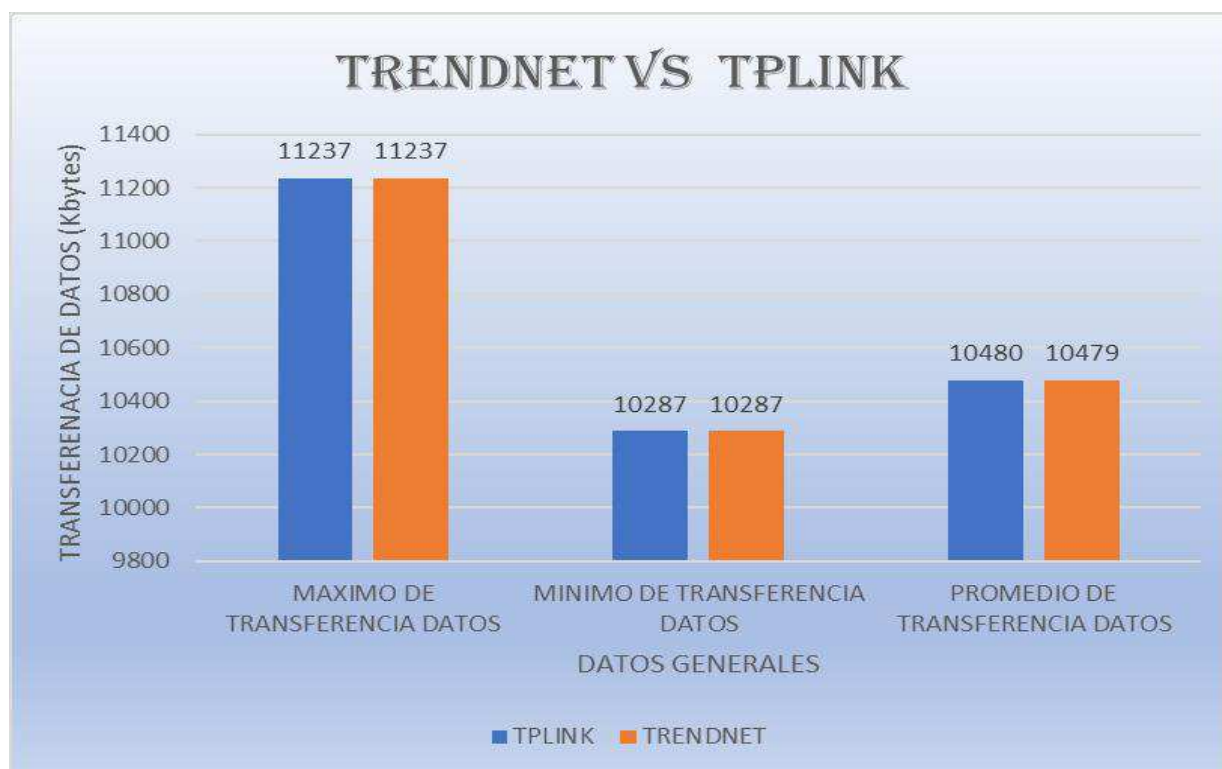


*Figura 20 Dispositivo TPLINK en corto*

Nota. Autoría propia

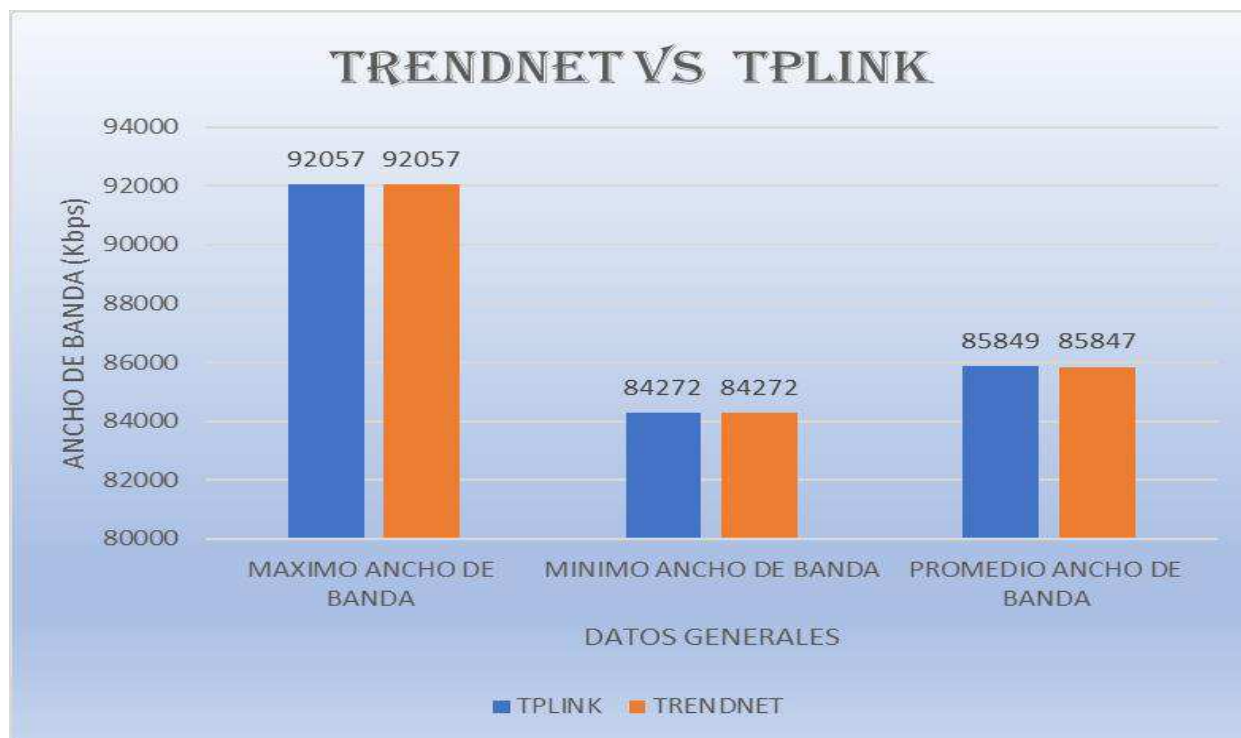
El dispositivo PLC marca TRENDNET se utilizó para implementar la red con variación de frecuencia y tensión con un lapso de tiempo 10 minutos, debido a que presentaba los mismos síntomas del dispositivo PLC TPLINK, el cual se decidió no operarlo más, para que no sufriera ningún daño interno.

Las figuras 21 y 22 se muestran el comportamiento y comparación de la red de comunicación con dispositivos PLC aplicando la variación de frecuencia en un lapso de tiempo de diez minutos de su ancho de banda y la transferencia de datos:



*Figura 21 TPLINK VS TRENDNET variación frecuencia transferencia de datos*

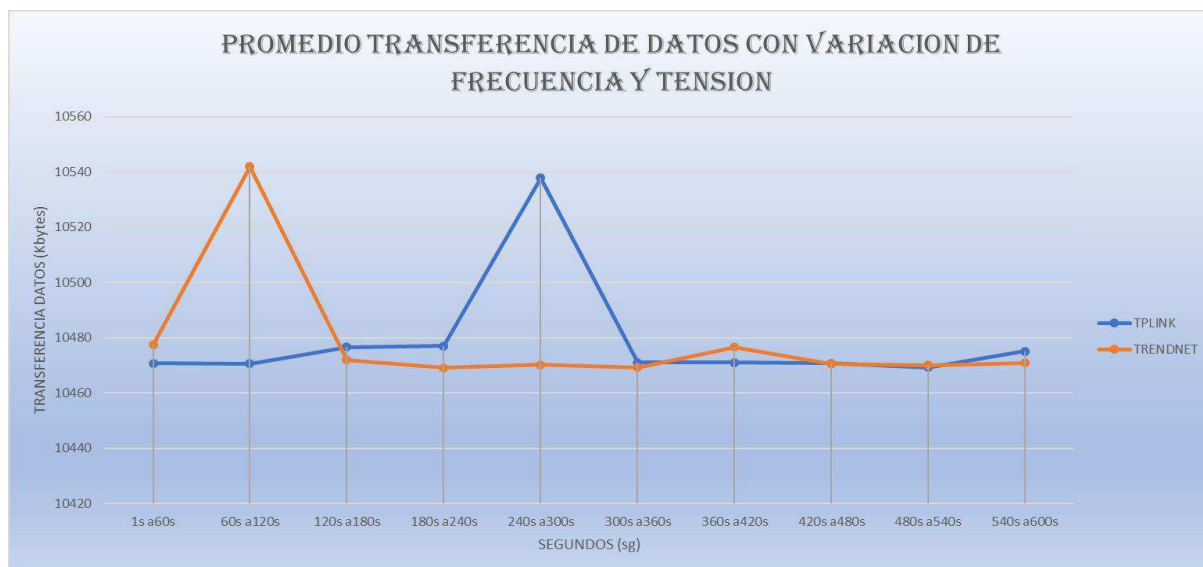
Nota. Autoría propia



*Figura 22 Dispositivo TPLINK VS TRENDNET variación frecuencia ancho banda*

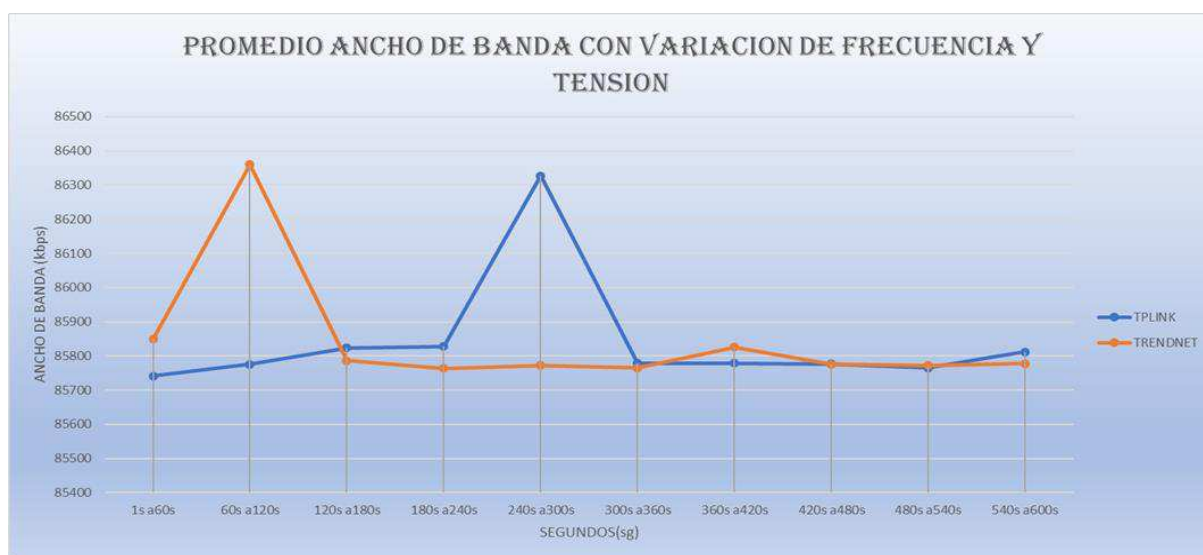
Nota. Autoría propia

En las figuras 21 y 22 se puede evidenciar que los dispositivos PLC están muy parejos en su transferencia de datos y su ancho de banda implementado la red de comunicación variando la frecuencia la tensión, pero es de aclarar que los dispositivos van a dejar de operar por variar la frecuencia a 65 Hertz, lo que se puede afirmar es que la red implementada con cada uno de los dispositivos tiene un empate en ancho de banda y transferencia de datos. Con las gráficas que se mostraran a continuación se muestra el comportamiento de la transferencia de datos y ancho de banda en el lapso de los 600 segundos con una muestra de diez datos:



*Figura 23 TPLINK Y TRENDNET variación de frecuencia promedio transferencia de datos*

Nota. Autoría propia



*Figura 24 TRENDNET Y TPLINK variación de frecuencia promedio ancho de banda*

Nota. Autoría propia

Con las figuras 23 y 24 se denota que la red implementada con cada uno de los dispositivos PLC (TPLINK- TRENDNET) tiene una transferencia de datos y ancho de banda promedio que tiene un comportamiento igual en los 300 a 600 segundos, que el mayor promedio se ve en el lapso de tiempo de 60 a 120 segundos con el dispositivo TRENDNET a comparación del TPLINK que se ve en el lapso de tiempo 240 a 300 segundos.



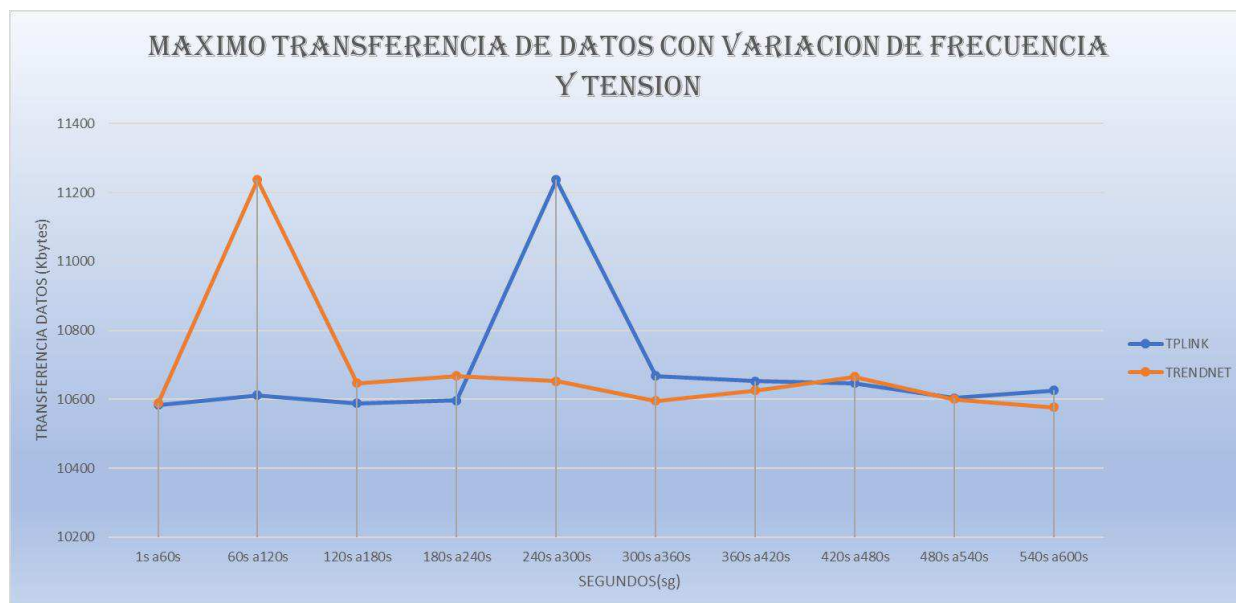


Figura 25 TPLINK y TRENDNET variación de frecuencia máximo transferencia de datos

Nota. Autoría propia

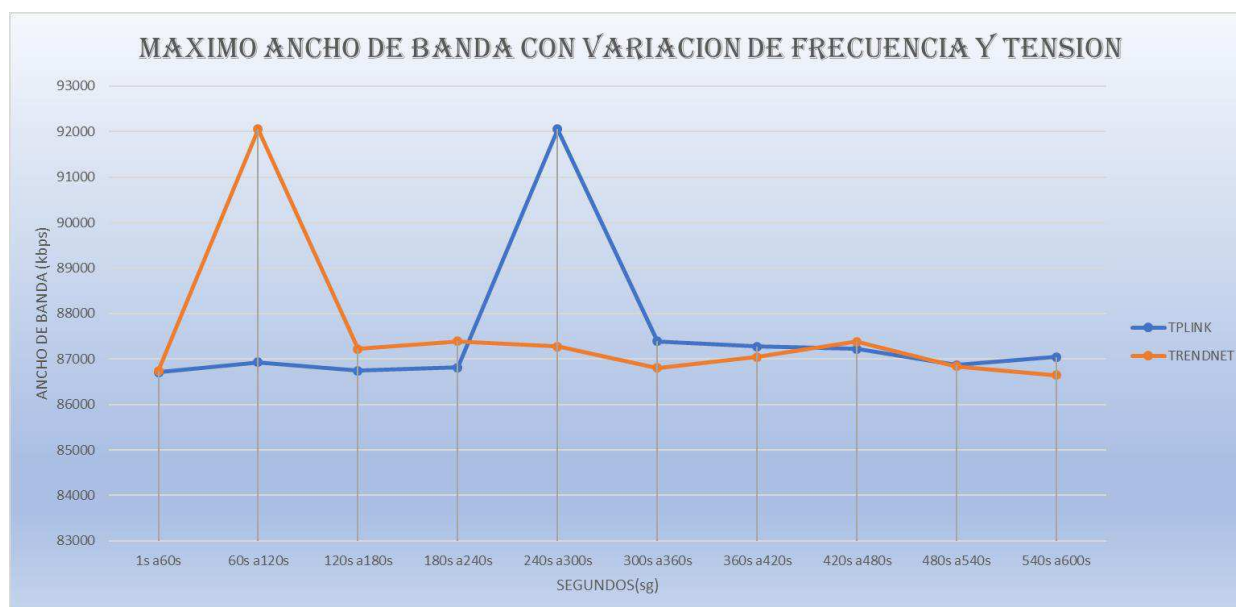


Figura 26 TPLINK y TRENDNET variación de frecuencia máximo ancho de banda

Nota. Autoría propia

En las figuras 25 y 26 representa el máximo transferencia de datos y ancho de banda con variación de frecuencia se obtuvo que la red implementada con el dispositivo TRENDNET tuvo su máximo de 60 a 120 segundos a comparación del TPLINK que su máximo lo tuvo en 240 a 300 segundos, se evidenció una mayor estabilidad de las redes de datos después de 300 segundos hasta 600

segundos teniendo la mayor transferencia de datos y ancho de banda el dispositivo TPLINK a comparación del TRENDNET.

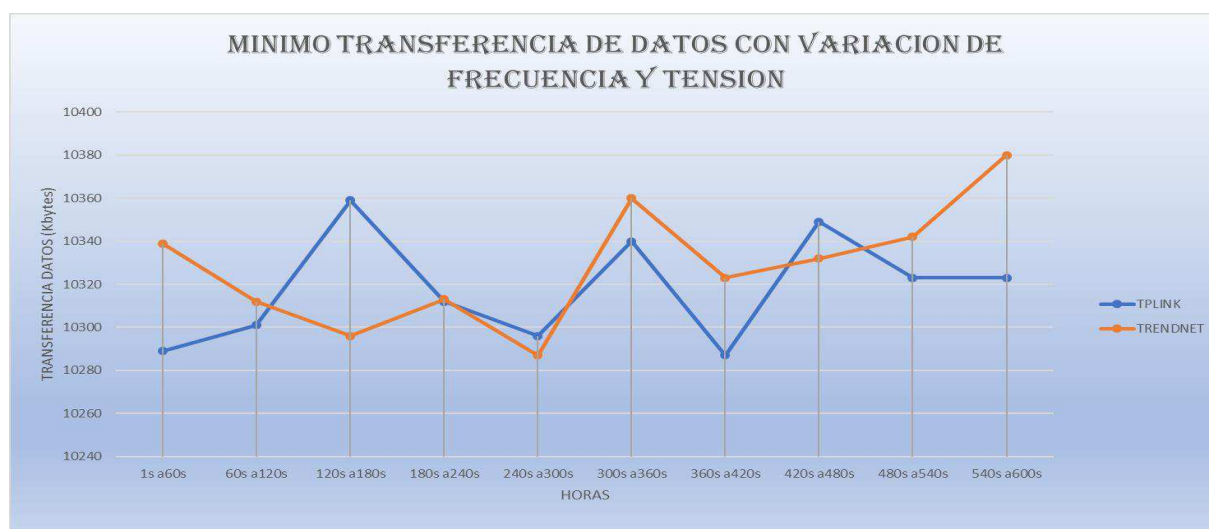


Figura 27 TPLINK y TRENDNET variación de frecuencia mínimo transferencia de datos

Nota. Autoría propia

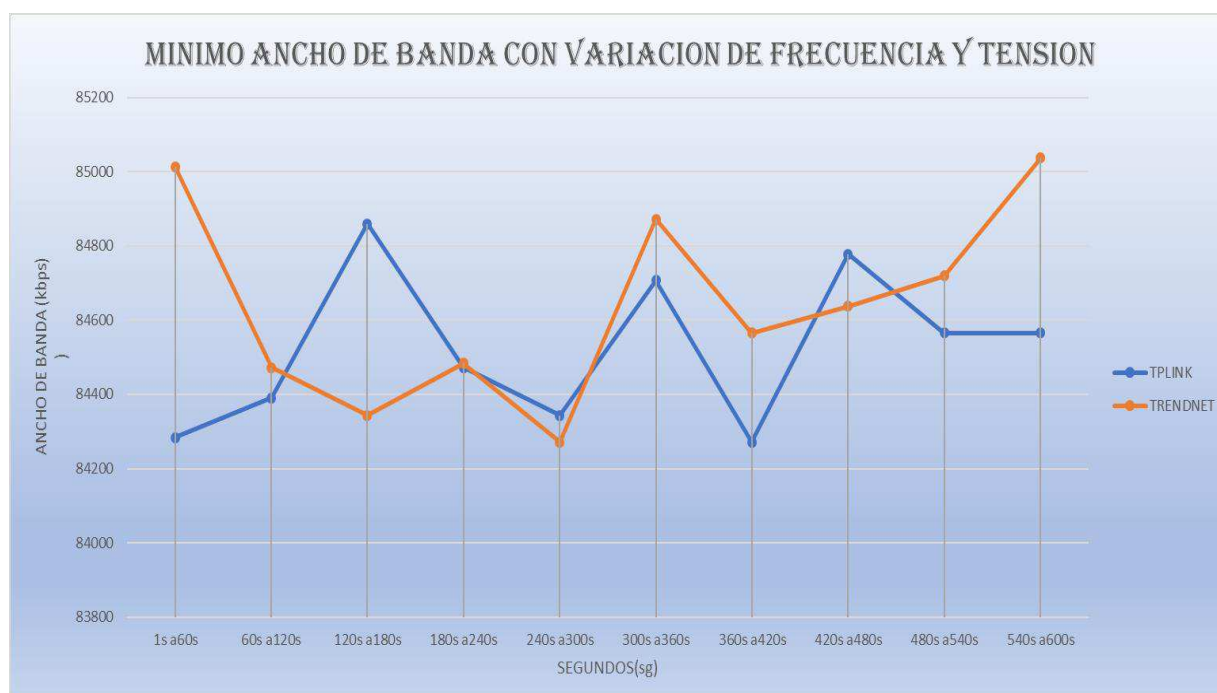


Figura 28. TPLINK y TRENDNET variación de frecuencia mínimo transferencia de datos

Nota. Autoría propia

En las figuras 27 y 28 se puede interpretar que la red implementada con el dispositivo TPLINK tuvo la menor transferencia de datos y ancho de banda desde el primer segundo a comparación del

dispositivo TRENDNET, pero ese mínimo de transferencia de datos y ancho de banda con la red conformado con el dispositivo TRENDNET se obtiene después los 240 segundos y en lapso de tiempo restante el dispositivo tiene un comportamiento en su mínima transferencia de datos ya ancho de banda mayor que el dispositivo TPLINK.

### 10. Empalmes en el conductor eléctrico

Para poder implementar la red de datos con empalme se adquirió un conductor eléctrico de calibre 10. Se ubico el empalme en el final de la extensión donde está la toma eléctrica, con el motivo de quedar afectada la transmisión de datos entre los dispositivos. la figura 29 se muestra la conexión con empalmes de la red de datos a implementar:

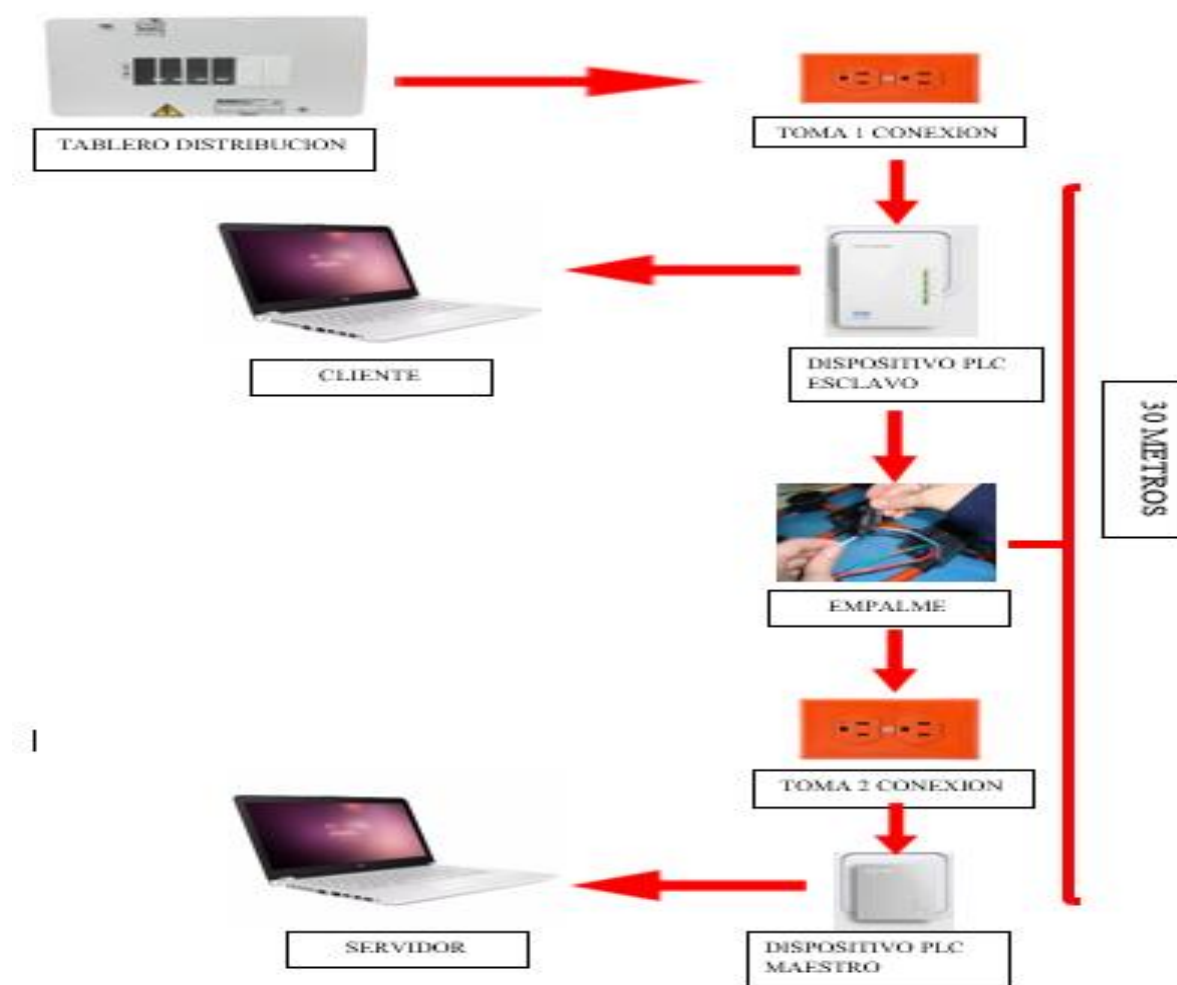
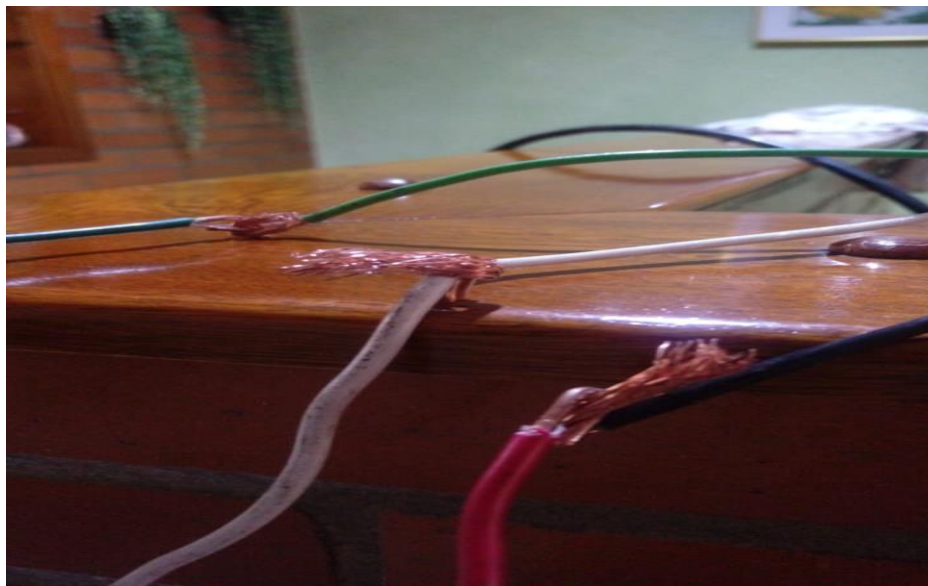


Figura 29 Red implementada con dispositivo PLC con empalme

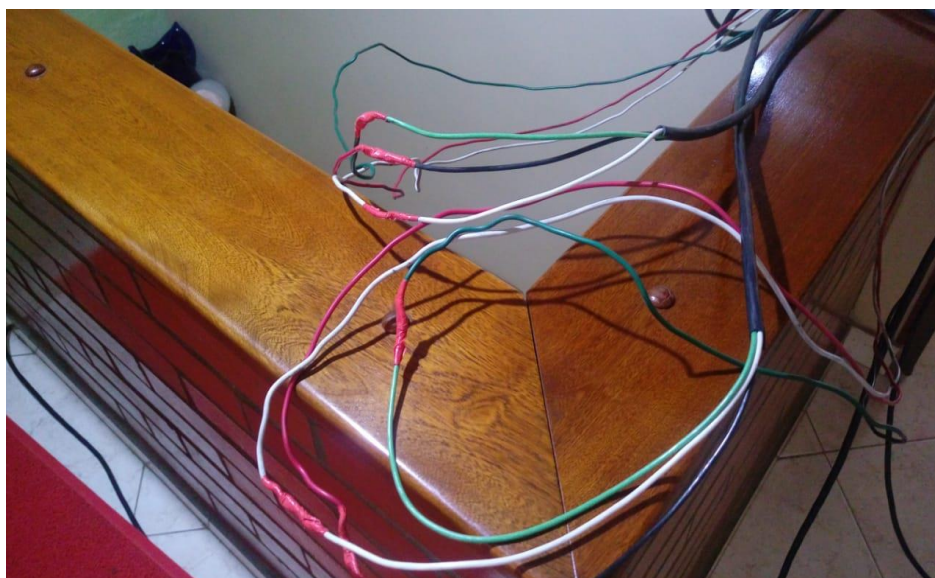
Nota. Autoría propia

Los empalmes realizados son modelados en instalaciones residenciales realizadas por personal instalador, los cuales se utilizan a menudo en cualquier instalación domiciliaria, se evidencia a continuación en la siguiente figura 30 y 31 del empalme realizado:



*Figura 30 Empalme en el conductor eléctrico*

Nota. Autoría propia



*Figura 31 Empalme en el conductor eléctrico encintado*

Nota: autoría propia

### 10.1 Resultados de la prueba

La red de datos implementa con dispositivos PLC tuvo una modificación en el conductor eléctrico aplicando empalmes, en las figuras 32 y 33 se muestra la comparación con las dos redes con cada uno de los dispositivos PLC, la cual se muestra que el dispositivo TPLINK tuvo el mejor comportamiento en transferencia de datos y ancho de banda, pero teniendo claro que se tuvo intermitencia por tener el conductor con empalmes en general:

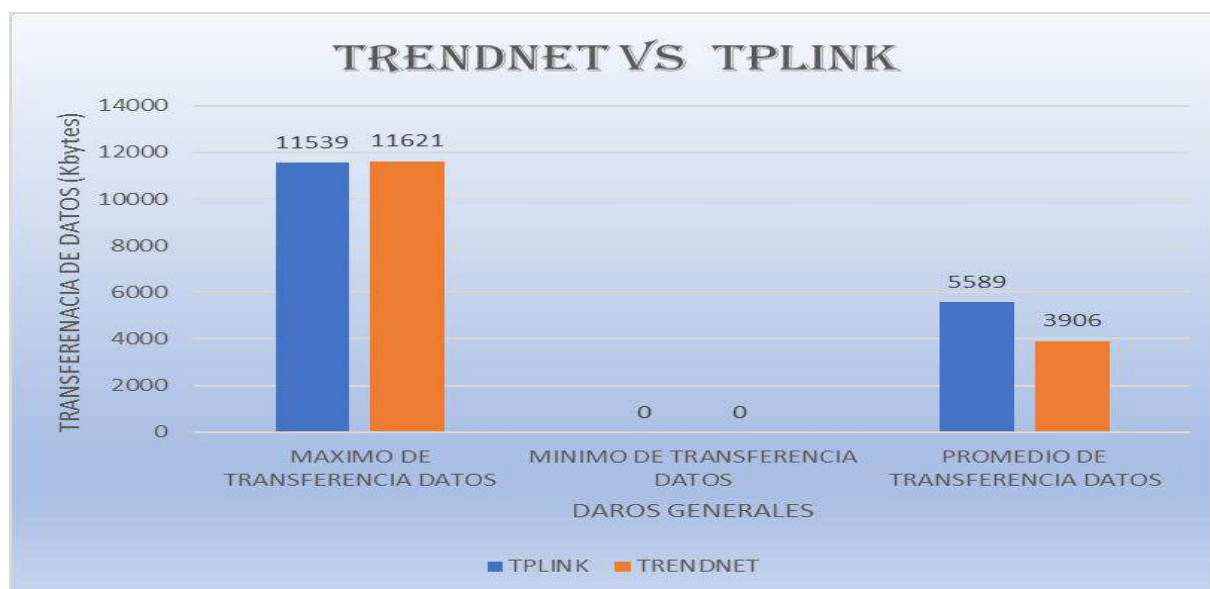


Figura 32 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos

Nota. Autoría propia

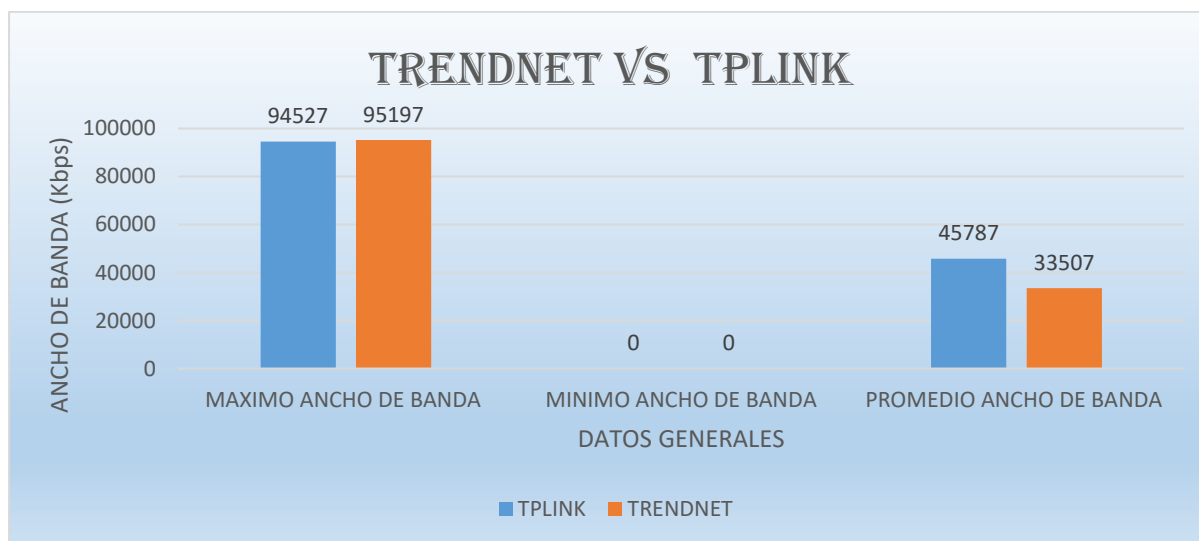


Figura 33 TPLINK y TRENDNET empalme ancho de banda

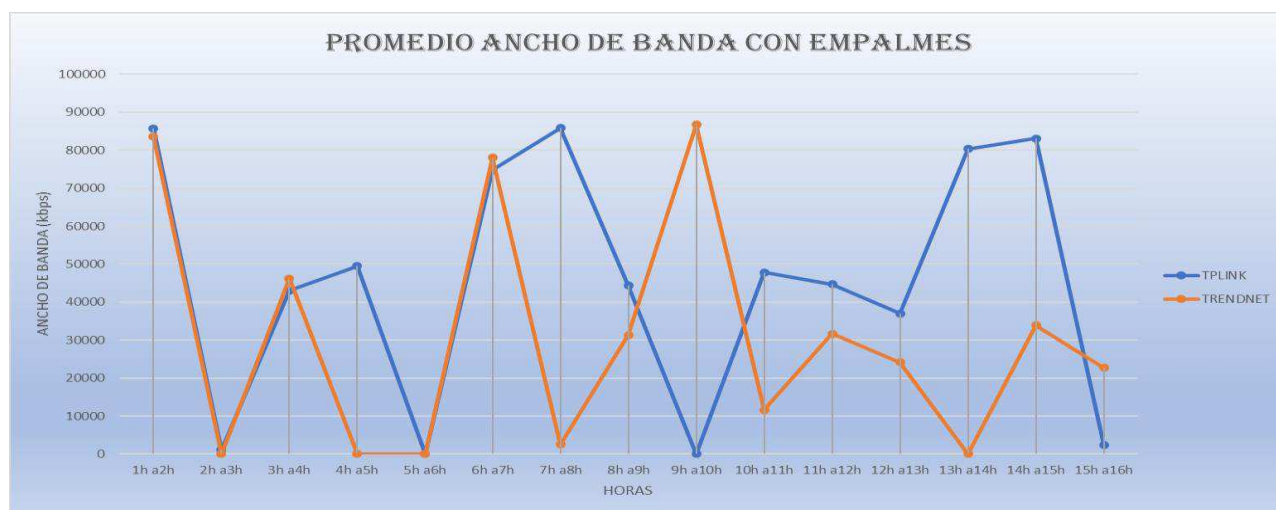
Nota. Autoría propia

El comportamiento del ancho de banda y transferencia de datos se mostrará en las siguientes figuras 34 y 35 que están compuestas en un lapso de operación de la red de datos de 16 horas para cada uno de los dispositivos PLC, con este tiempo se tendrá una muestra de datos 57600 tomados cada segundo. Este tiempo es tomado para cumplir con las características de prueba del empalme y la red de datos la cual se hace necesario tener una prolongación de corriente muy baja, pero con una operación de 8 horas.



*Figura 34 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos promedio*

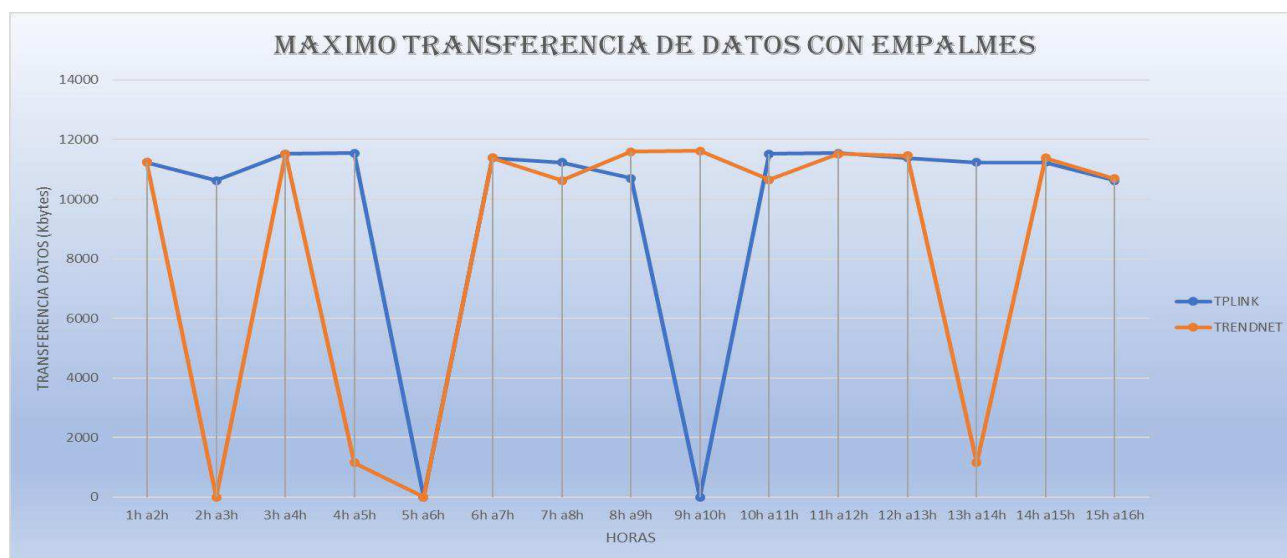
Nota. Autoría propia



*Figura 35 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos promedio*

Nota. Autoría propia

La grafica 34 y 35 muestra el promedio de transferencia de datos y ancho de banda de la red implementada con ca uno dispositivos PLC, se puede visualizar que el dispositivo TPLINK tuvo mejor promedio en los tiempos de 3 a 5 horas tuvo una estabilidad en la transferencia de datos y ancho de banda a comparación del TRENDNET que tuvo una cada en el horario de 4 a 5 horas, en el horario de 7 a 8 horas el dispositivo TPLINK tuvo transferencia de datos la cual no lo tuvo el dispositivo TRENDNET, después de las 10 horas tuvo una transferencia de datos y ancho de banda mayor y que la del dispositivo TRENDNET. En general el mejor promedio lo tuvo el dispositivo TPLINK.



*Figura 36 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos máximo*

Nota. Autoría propia



*Figura 37 TPLINK y TRENDNET empalme ancho de banda máximo*

Nota. Autoría propia

En las figuras 36 y 37 se visualiza la máxima transferencia de datos y ancho de banda de cada una de las redes implementadas por los dispositivos PLC (TRENDNET- TPLINK) presentando el conductor eléctrico con empalmes, la cual deja valores con valores de 0 en los dos dispositivos. El dispositivo TPLINK presenta no transferencia de datos y ancho de banda 5 a 6 horas de 9 a 10 horas y el dispositivo TRENDNET no presenta transferencia de datos y ancho de banda en tres horarios de 2 a 3 horas, 5 a 6 horas, 13 a 14 horas, los dos presenta los mismos valores máximo de transferencia de datos y ancho de banda lo cual hace un comportamiento máximo en estas dos redes.



Figura 38 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos mínimo

Nota. Autoría propia



Figura 39 TPLINK y TRENDNET empalme transferencia de datos mínimo

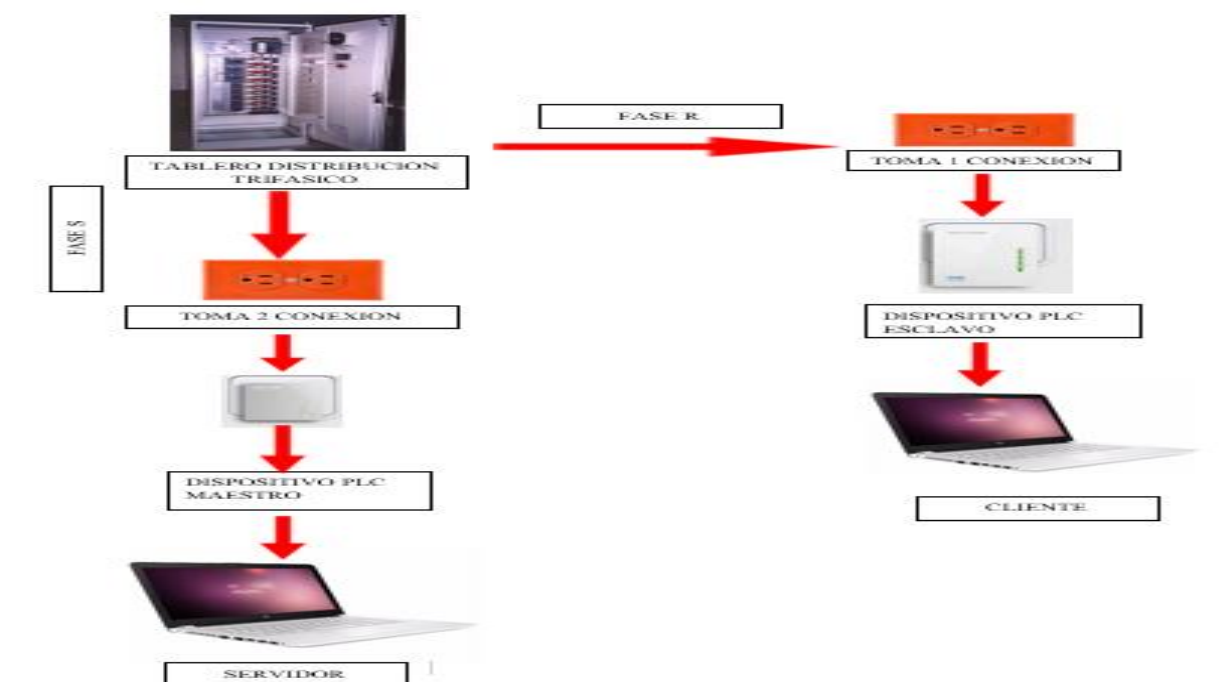
Nota. Autoría propia



En la gráfica 38 y 39 se puede visualizar que se tuvo intermitencia de transferencia de datos en las dos redes implementadas con cada uno de los dispositivos la cual fue mas prolongada con el TRENDNET 8 horas y después tuvo una estabilidad de transferencia de datos de 2 horas a comparación del TPLINK que duro 6 horas de intermitencia otras 2 horas estabilidad. Este comportamiento es debido que el conductor eléctrico cuando tiene un empalme debe estabilizar la temperatura que está generando el empalme en todo el conductor esto depende de la corriente que fluye en el conductor lo cual hace que se genere un lapso de tiempo para lograr esta estabilidad entre 6 y 8 horas por eso tuvimos transferencia de datos en ese lapso de tiempo.

### 11. Conexión con un circuito bifásico

Como las características de los dispositivos PLC se podía instalar a diferentes fases del tablero de distribución porque hay instalaciones eléctricas que contienen circuitos trifásicos por la carga que demanda domiciliaria, por esta razón estos dispositivos PLC no tiene antecedentes de conectarlos en diferentes fases, por esta razón se realiza esta prueba para poder comprobar si presenta anomalía en la velocidad de transmisión y ancho de banda. Para esta red de datos implementada con dispositivos PLC en diferentes fases se visualiza a continuación en la figura 40:



*Figura 40* Implementación de una red en un circuito bifásico conectados a diferentes fases

Nota. Autoría propia

Se monto la red con dispositivos PLC en un cuarto eléctrico que tiene un tablero de distribución trifásico de 32 circuitos, se conectó al circuito 36 el dispositivo esclavo y el circuito maestro en el circuito 24, estas conexiones mencionadas se muestran a continuación en las figuras 41 y 42:



*Figura 41 Conexión a circuito 24*

Nota. Autoría propia

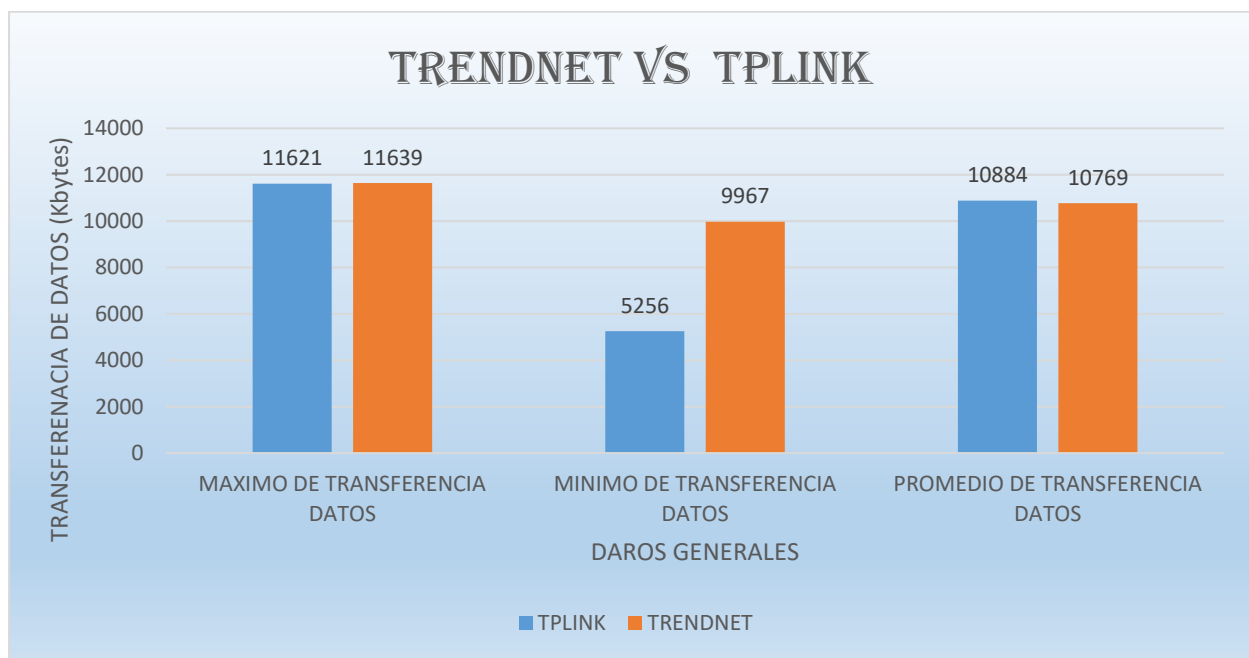


*Figura 42 Conexión a circuito 32*

Nota. Autoría propia

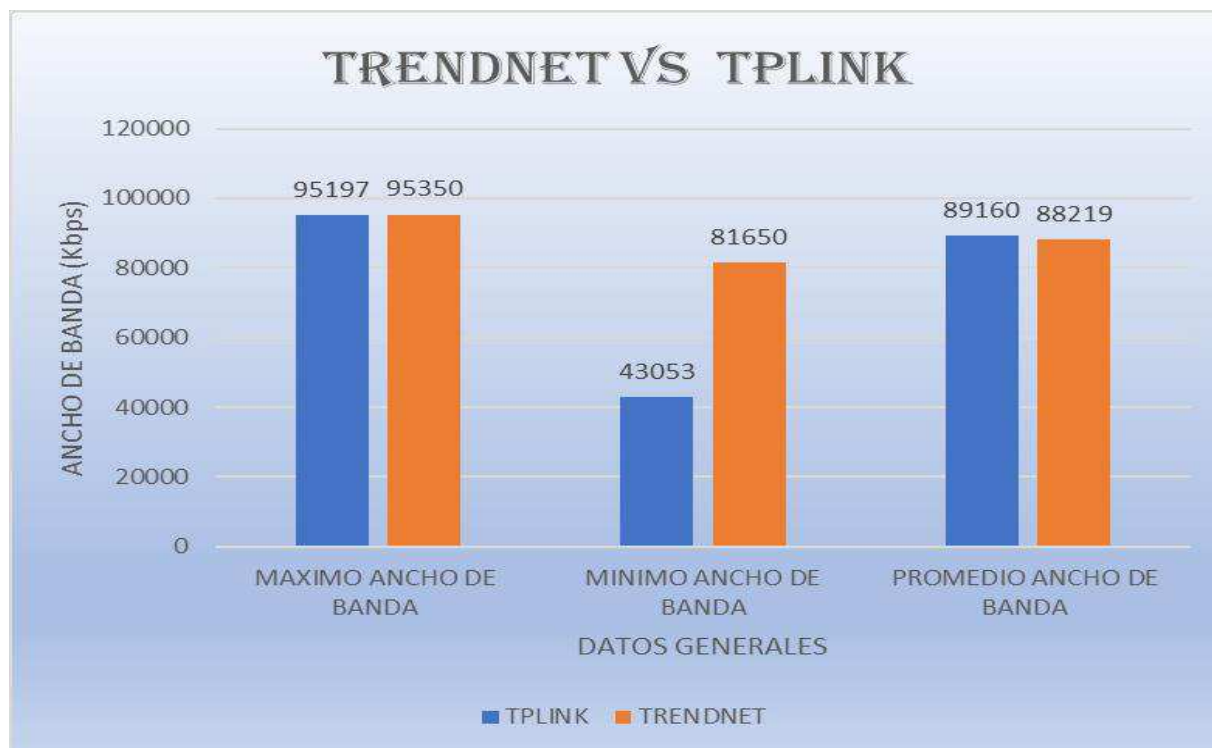
### 11.1 Resultados de prueba

La red de datos implementada con dispositivos PLC tuvo una conexión en diferentes fases las figuras 43 y 44 se muestra la comparación con las dos redes con cada uno de los dispositivos PLC, la cual se muestra que el dispositivo TRENDNET tuvo el mejor comportamiento en transferencia de datos y ancho de banda, es de resaltar que estos dispositivos son domiciliarios, debido a esta mercado su distribución eléctrica es de una sola fase usualmente lo cual hace que la red de datos no sea implementada en ese escenario, pero en Bogotá u otros lugares de Colombia se tiene sitios domiciliarios con conexiones eléctrica trifásica, que si se pretende realizar redes con dispositivos PLC debe contar con operación la red de datos:



*Figura 43 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica transferencia de datos*

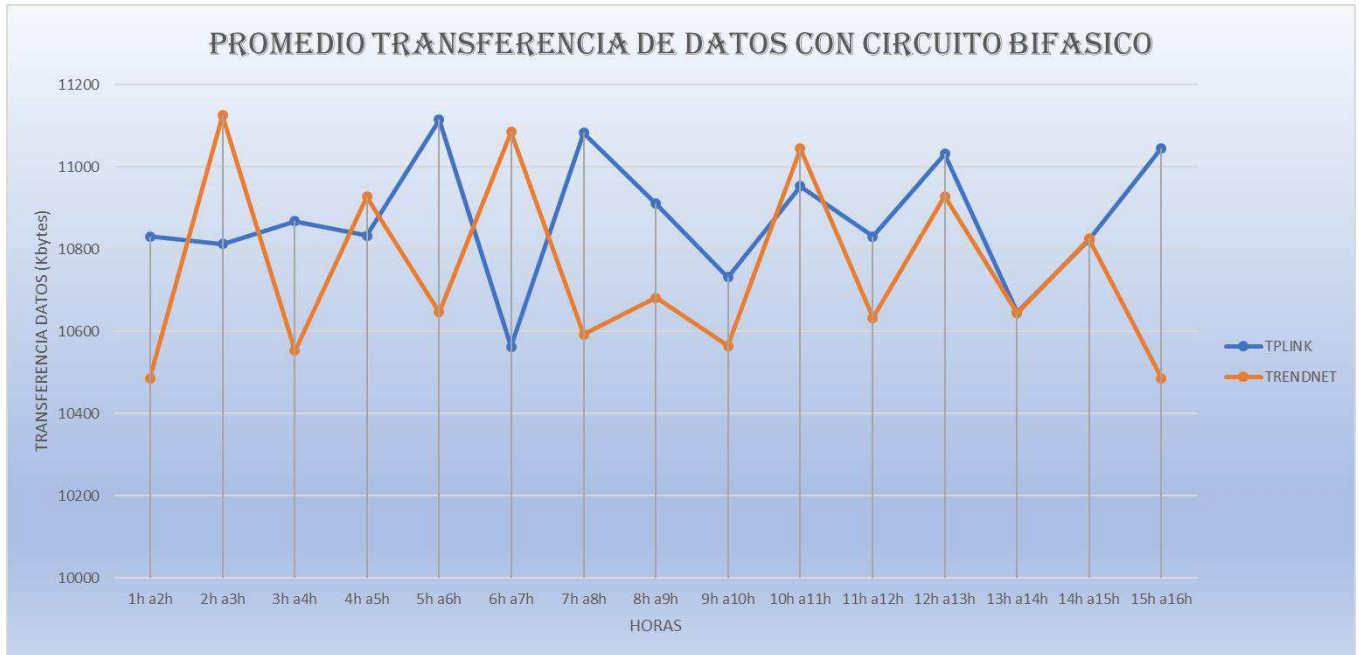
Nota. Autoría propia



*Figura 44 TPLINK y TRENDNET bifásica ancho de banda*

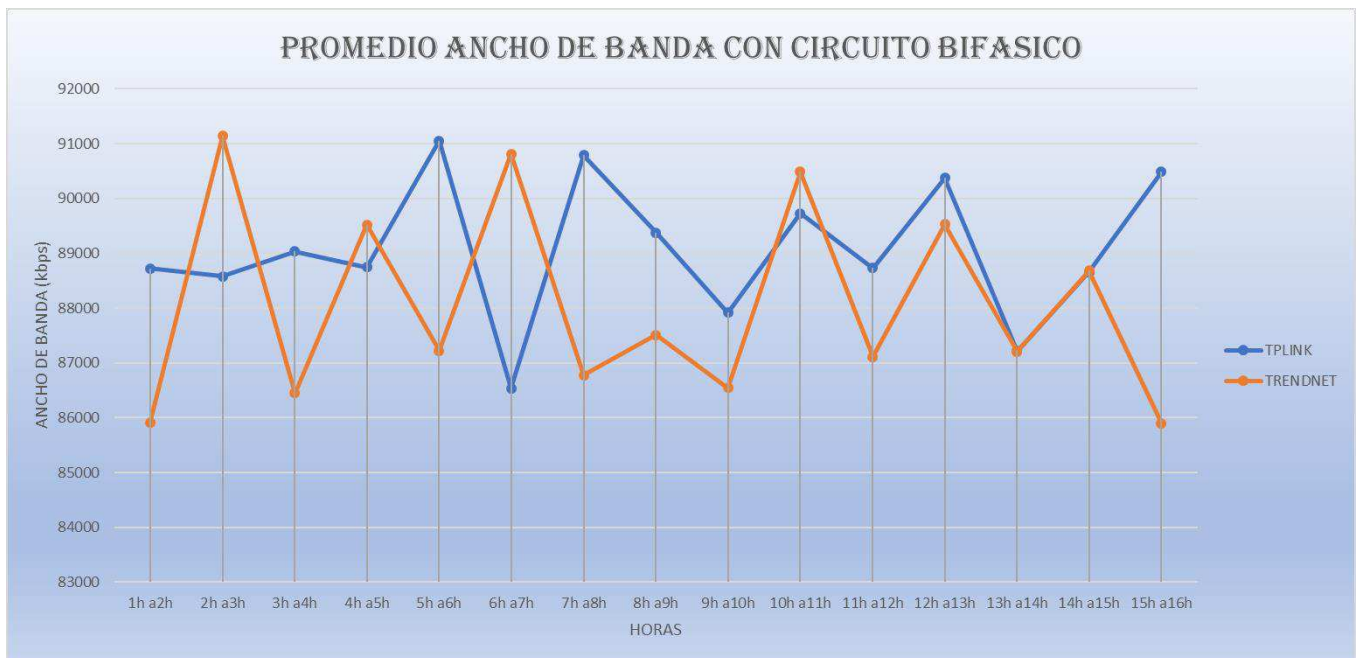
Nota. Autoría propia

El comportamiento del ancho de banda y transferencia de datos se mostrará en las siguientes graficas que están compuestas en un lapso de operación de la red de datos de 16 horas para cada uno de los dispositivos PLC, con este tiempo se tendrá una muestra de datos 57600 tomados cada segundo. Se escogió este lapso de tiempo para alinearlos con la prueba anterior lo cual hace más visible poder tener un comportamiento más específico y así poder tener un mejor análisis de las pruebas.



*Figura 45 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica transferencia de datos promedio*

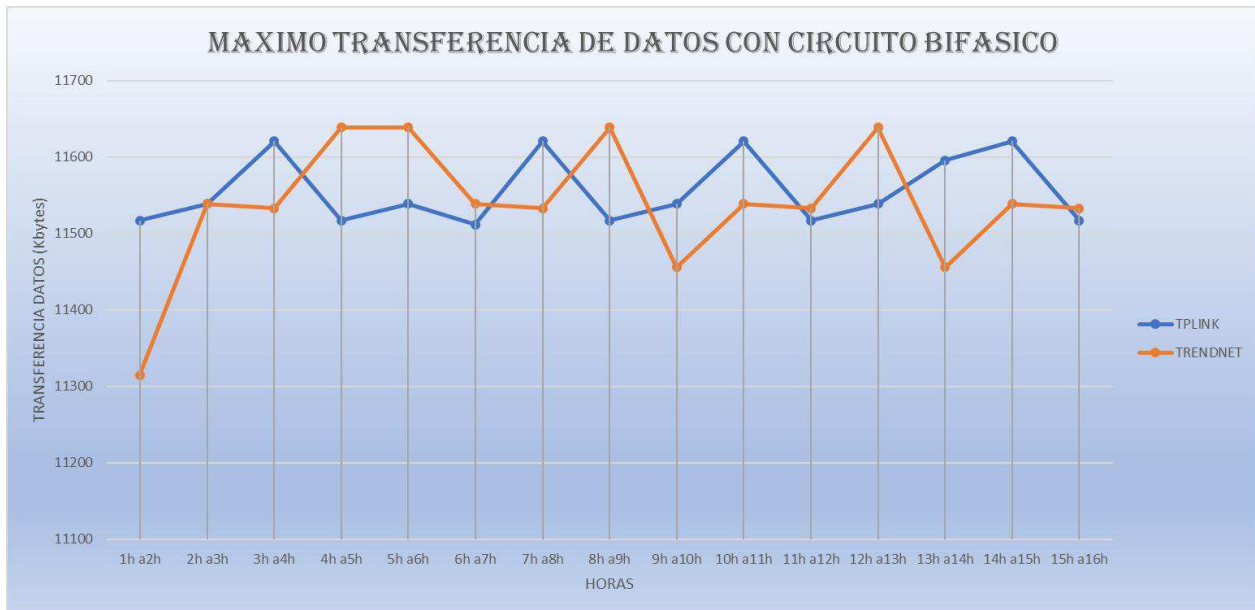
Nota. Autoría propia



*Figura 46 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica ancho de banda promedio*

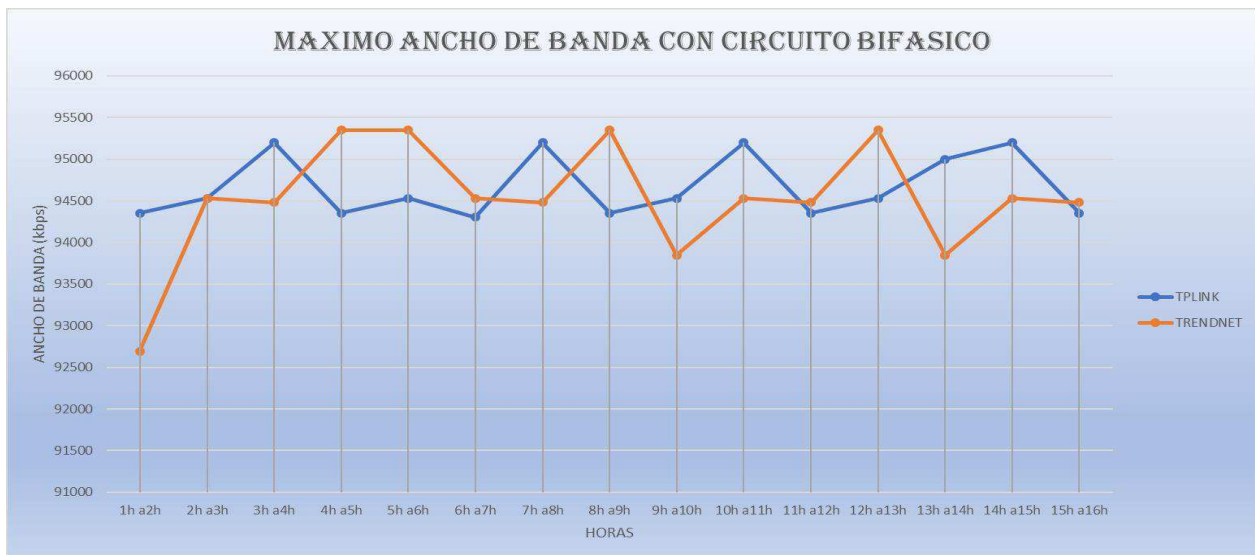
Nota. Autoría propia

En las gráficas 45 y 46 se muestra que el promedio de las redes de datos implementadas con diferente fase con cada uno dispositivos PLC, se puede evidenciar que el dispositivo TRENDNET tuvo 2 máximos de promedio de transferencia de datos y ancho de banda de 2 a 3 horas, 6 a 7 horas y 10 a 11 horas, a comparación de TPLINK de 5 a 6 horas y 7 a 8 horas. El menor promedio lo tuvo el dispositivo TRENDNET en la 1 a 2 hora, 15 a 16 hora de funcionamiento.



*Figura 47 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica transferencia de datos máximo*

Nota. Autoría propia



*Figura 48 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica ancho de banda máximo*

Nota. Autoría propia

Las figuras 47 y 48 muestran el comportamiento de la red de datos con cada uno dispositivos PLC conectados a diferente fase describiendo su máximo transferencia de datos y ancho de banda, se puede evidenciar que la máxima transferencia lo tuvo el dispositivo TRENDNE en tres horarios diferentes 4 a 6 horas, 8 a 9 horas, 12 a 13 horas, a comparación del dispositivo TPLINK que en el horario de operación pudo llegar a esa máximo valor de transferencia y ancho de banda, pero el dispositivo TRNDNET fue superado en el horario 1 a 2 horas por el dispositivo TPLINK por un alto margen.

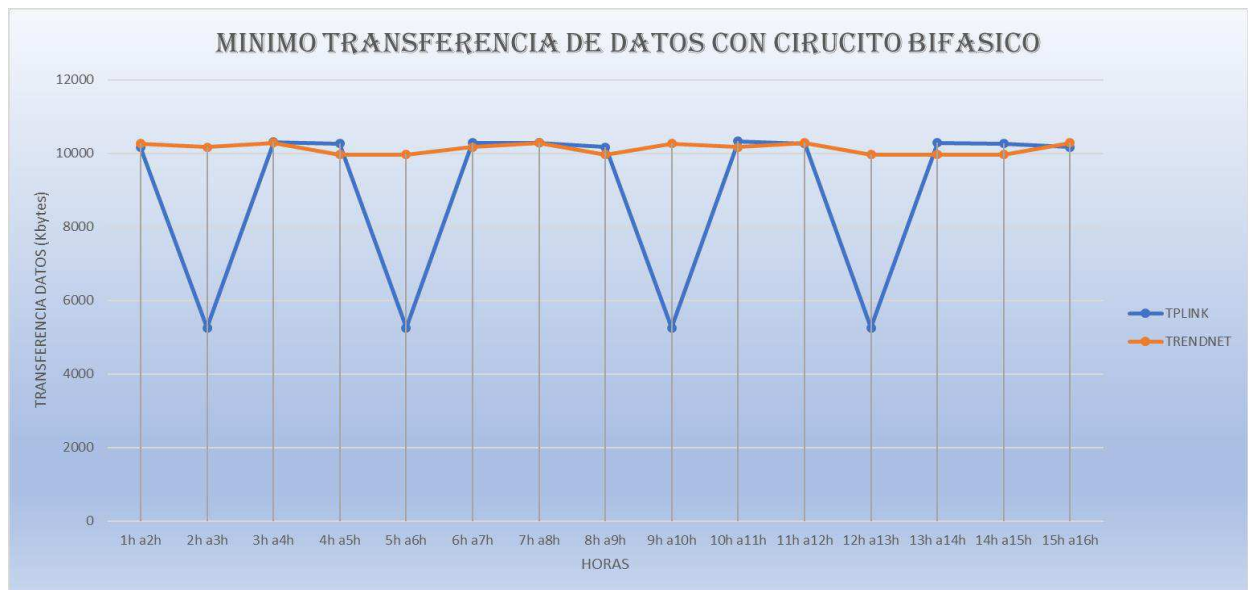


Figura 49 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica transferencia de datos mínimo

Nota. Autoría propia

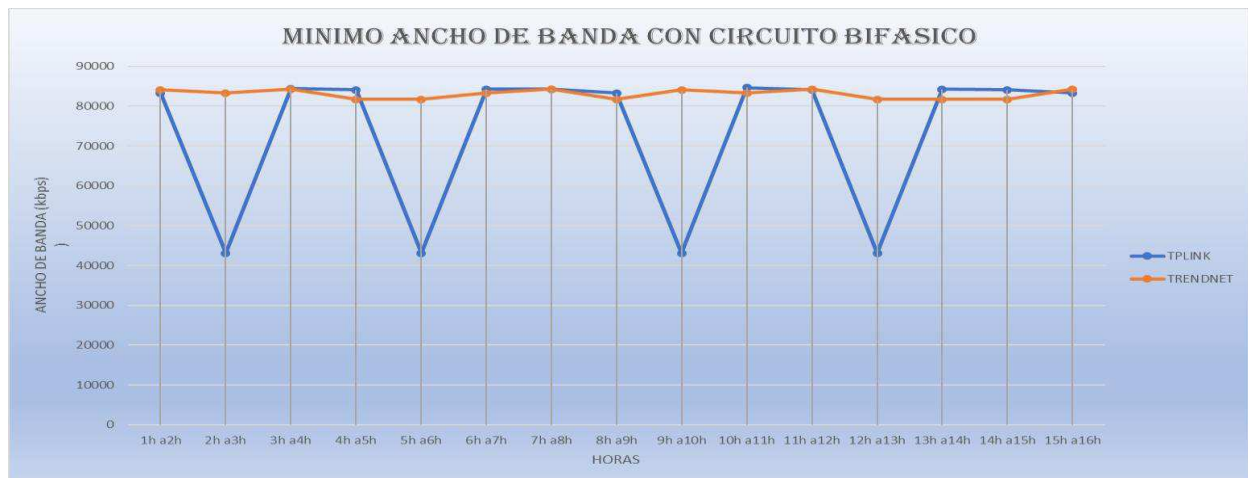


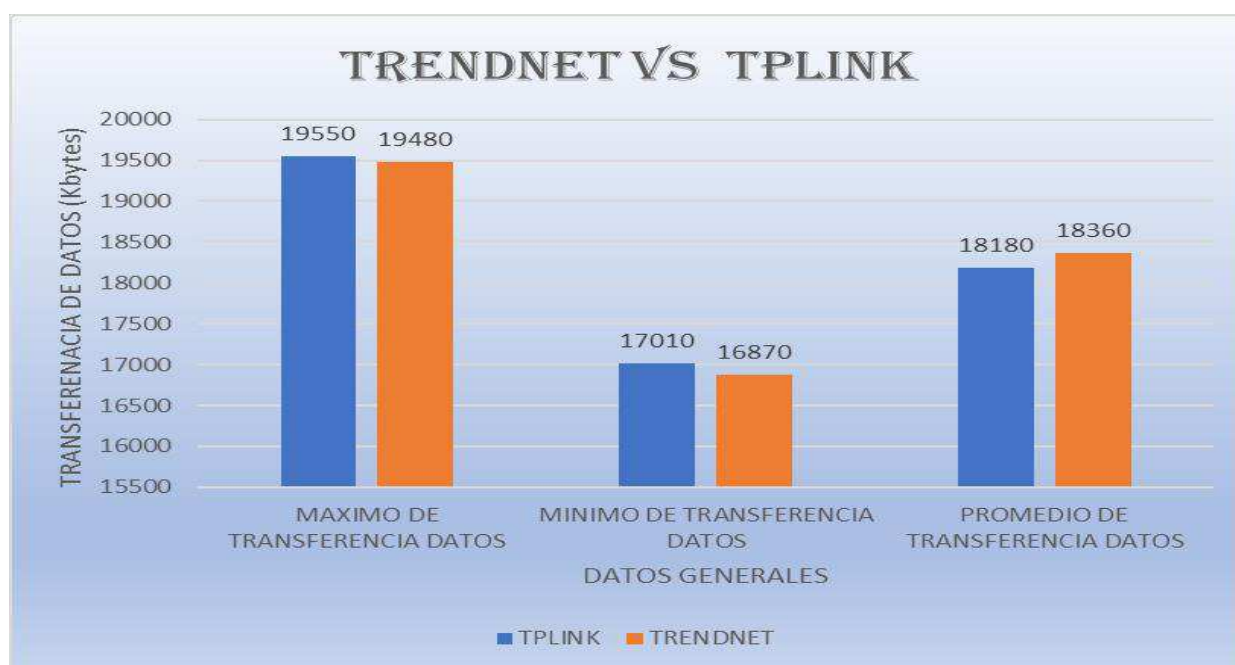
Figura 50 TPLINK y TRENDNET conexión bifásica ancho de banda mínimo

Nota. Autoría propia

Las figuras 49 y 50 muestran el comportamiento mínimo de la transferencia de datos y ancho de banda de la red implementada con cada uno de los dispositivos PLC conectados a diferentes fase, se puede comprobar que el dispositivo TRENDNET fue estable en las 16 horas no tuvo cambios bruscos de transferencia de datos y ancho de banda, a comparación del dispositivo TPLINK , que tuvo variaciones en 4 horas distintas de 2 a 3 horas, 5 a 6 horas, 9 a 10 horas, 12 a 13 horas, con este comportamiento se puede afirmar que el dispositivo TRENDNET en circuito bifásico es más estable.

## 12. Afectaciones las redes implementadas

Se realizaron pruebas a la red de datos implementada con cada uno de los dispositivos PLC en condiciones estables de la red eléctrica sin variar frecuencia, sin empalmes y conectados a la misma fase, los datos obtenidos se muestran en las figuras 51 y 52:



*Figura 51 TPLINK y TRENDNET condiciones estables transferencia de datos*

Nota. Autoría propia



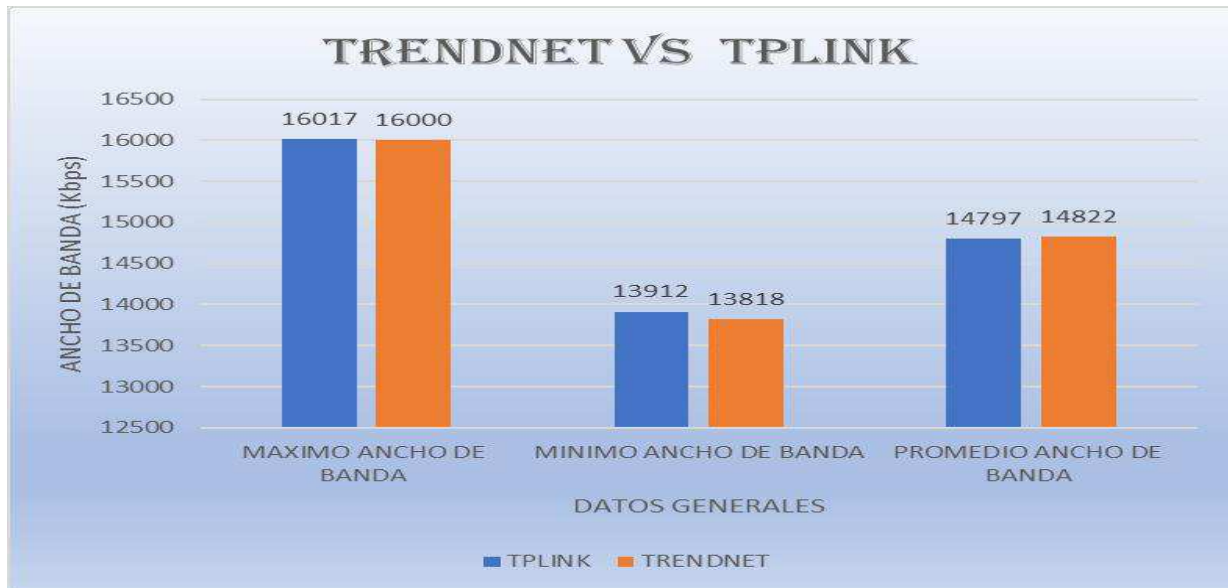


Figura 52. TPLINK y TRENDNET condiciones estables ancho de banda

Nota. Autoría propia

Se muestra a continuación las figuras 53 y 54 que comparan las redes implementadas con cada uno de los dispositivos PLC con entornos eléctricos diferentes y con condiciones estables eléctricas, para comprobar las diferencias que se obtuvieron en la transferencia de datos y ancho de banda encada una de las pruebas:

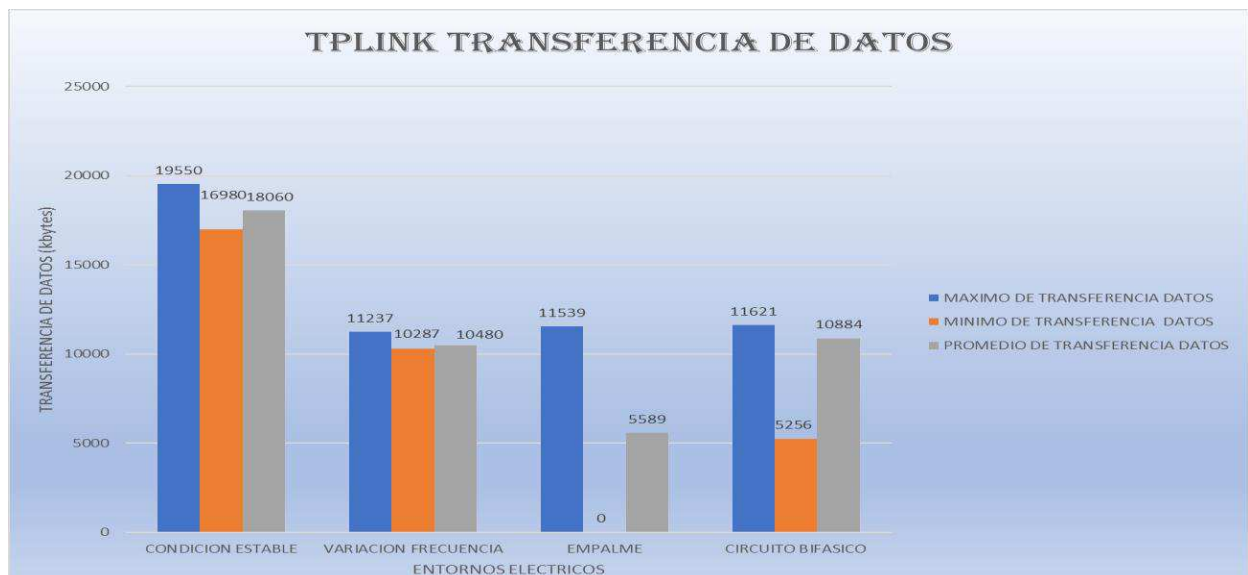


Figura 53 Comparación de las redes implementadas con dispositivos PLC TPLINK con los diferentes entornos eléctricos en transferencia de datos

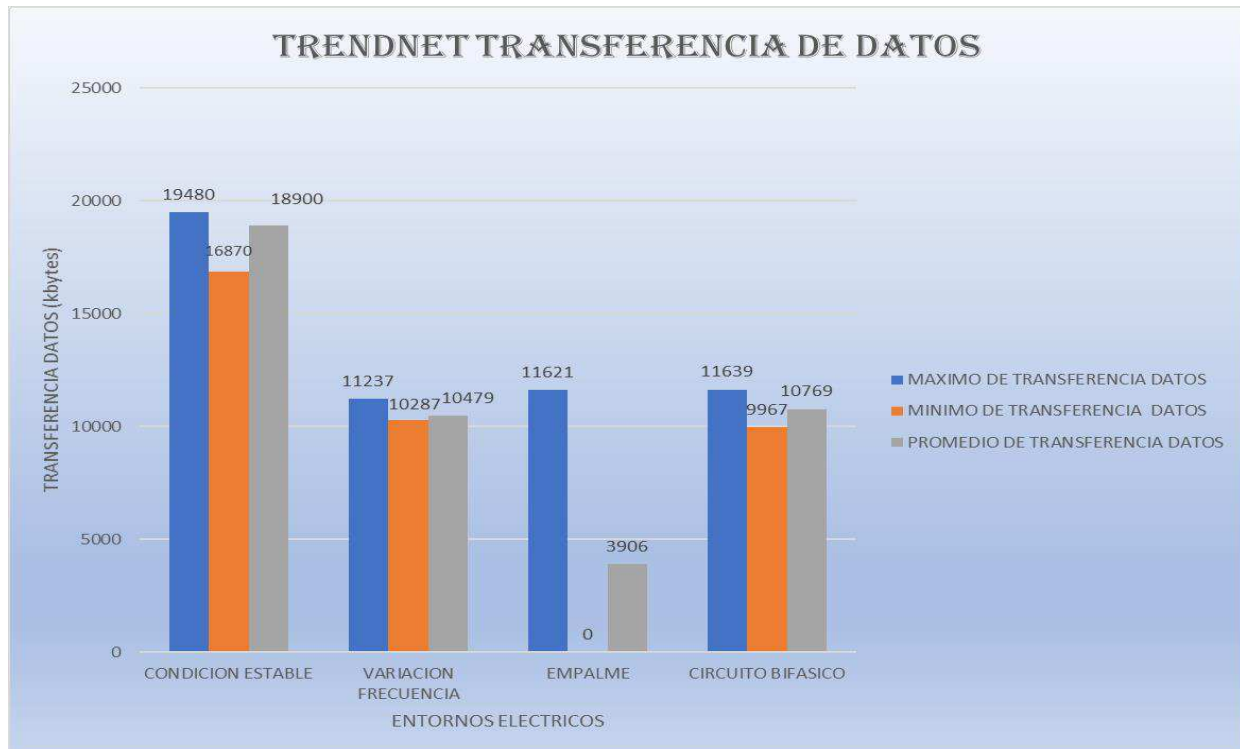
Nota. Autoría propia



*Figura 54 Comparación de las redes implementadas con dispositivos PLC TPLINK con los diferentes entornos eléctricos en ancho de banda*

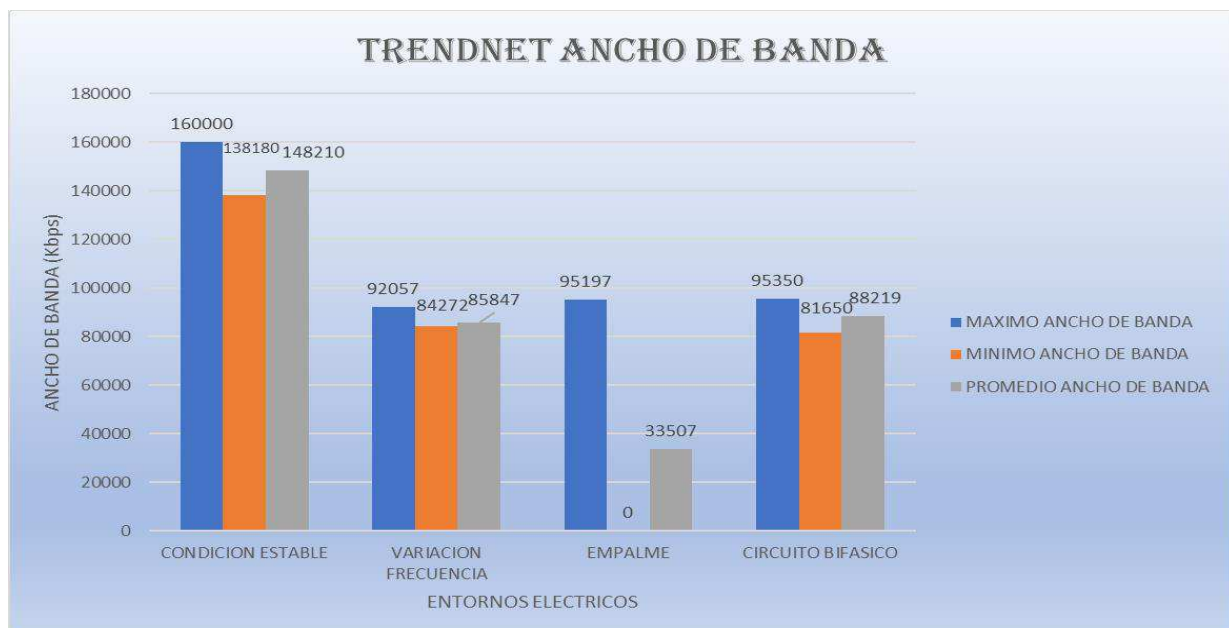
Nota. Autoría propia

Se puede apreciar que la diferencia es bastante amplia con cada una de las redes de datos implementadas con el dispositivo TPLINK en entornos eléctricos diferentes y condiciones estables. La diferencia más notoria que se visualiza es con los datos mínimos de transmisión de datos y ancho de banda es en el entorno eléctrico con empalme, debido que se tiene un resultado 0 por la intermitencia presentada y en conexión a diferentes fases se obtuvo una diferencia del resultado respecto a las condiciones estables de 8000 Kbytes y Kbps. Los máximos de transmisión de datos y ancho de banda se tiene una diferencia de 7500 Kbytes y Kbps lo cual representa que los entornos eléctricos afectaron la transmisión y ancho de banda de la red implementada con los dispositivos PLC.



*Figura 55 Comparación de las redes implementadas con dispositivos PLC TRENDNET con los diferentes entornos eléctricos en transferencia de datos*

Nota. Autoría propia



*Figura 56 Comparación de las redes implementadas con dispositivos PLC TRENDNET con los diferentes entornos eléctricos en ancho de banda*

Nota. Autoría propia

Las redes de datos implementada con el dispositivo PLC TRENDNET en condiciones estables y con diferentes entornos eléctricos, se pudo comprobar con las figuras 55 y 56 que la diferencia en transmisión de datos y ancho de banda en la variación de frecuencia, conexión a diferente fase están por debajo de 7500 Kbytes y Kbps respecto a la condición estable, en la red de datos con empalmes se puede apreciar que se tuvo intermitencia por su mínimo en transferencia de datos y ancho de banda su dio un resultado 0, el promedio está por debajo 5000 Kbytes y Kbps.

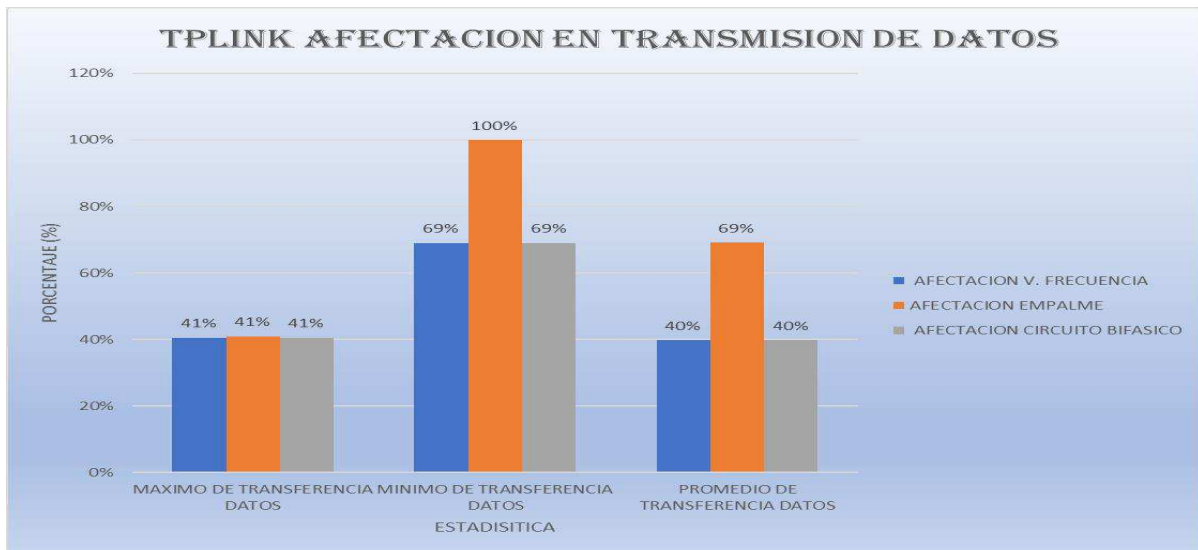


Figura 57 Porcentaje de afectación de las redes implementadas con dispositivos PLC TPLINK con los diferentes entornos eléctricos en transferencia de datos

Nota. Autoría propia

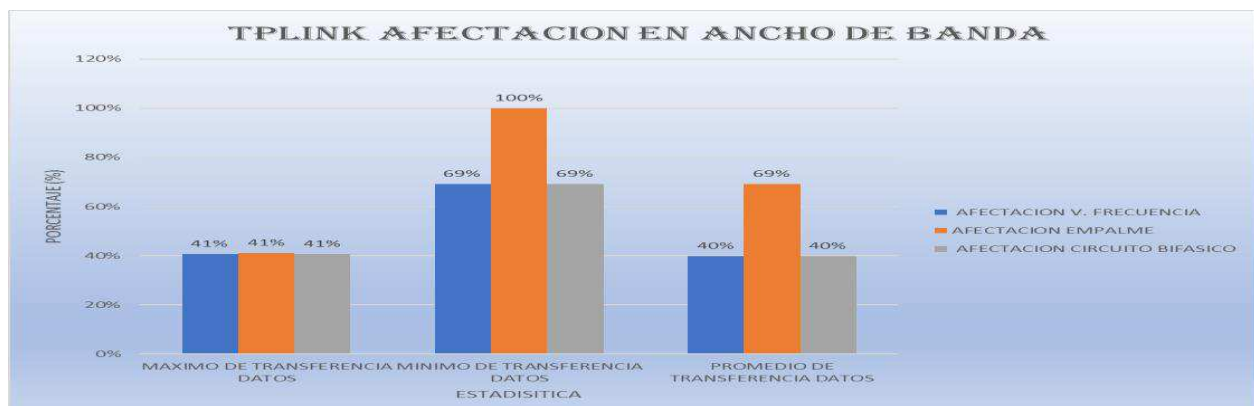
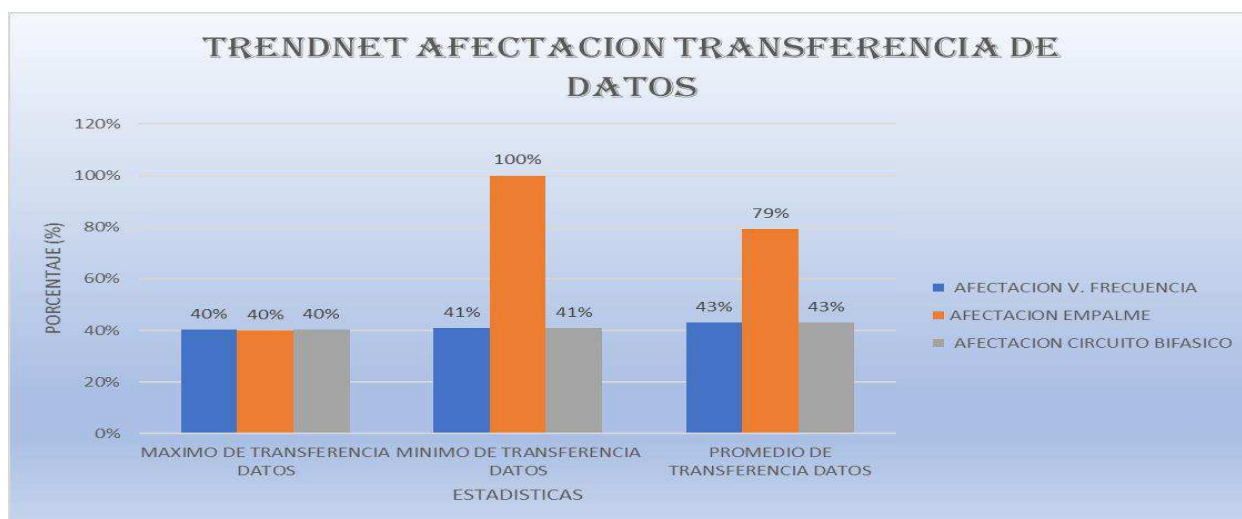


Figura 58 Porcentaje de afectación de las redes implementadas con dispositivos PLC TPLINK con los diferentes entornos eléctricos en ancho de banda

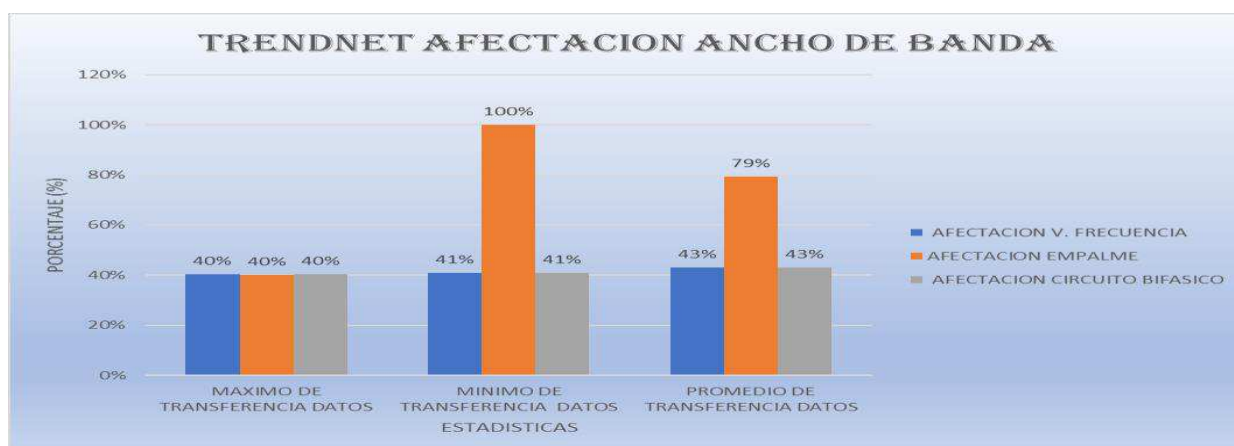
Nota. Autoría propia

En la figura 57 y 58 se puede comprobar que el porcentaje de afectación en la red implementada con dispositivo PLC TPLINK tuvo en su transferencia de datos y ancho de banda con el entorno eléctrico con variando la frecuencia, empalme, circuito bifásico con respecto a las condiciones estables fue de un 41% máximo y en su promedio fue del 40% con excepción del empalme que fue del 69 %. Su mínimo en transferencia de datos y ancho de banda fue del 69 % para el entorno eléctrico variación de frecuencia y circuito bifásico, para el empalme por su intermitencia fue 100%.



*Figura 59 Porcentaje de afectación de las redes implementadas con dispositivos PLC TRENDNET con los diferentes entornos eléctricos en transferencia de datos*

Nota. Autoría propia



*Figura 60 Porcentaje de afectación de las redes implementadas con dispositivos PLC TRENDNET con los diferentes entornos eléctricos en ancho de banda*

Nota. Autoría propia

En las figuras 59 y 60 se puede comprobar que el porcentaje de afectación en la red implementada con dispositivo PLC TPLINK tuvo en su transferencia de datos y ancho de banda con el entorno eléctrico con variando la frecuencia, empalme, circuito bifásico con respecto a las condiciones estables fue de un 40% máximo y en su promedio fue del 43% con excepción del empalme que fue del 79 %. Su mínimo en transferencia de datos y ancho de banda fue del 41 % para el entorno eléctrico variación de frecuencia y circuito bifásico, para el empalme por su intermitencia fue 100%.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los datos generales máximo, mínimo, promedios, de las redes implementadas con cada uno de los entornos eléctricos:

*Tabla 9 Tabla de resumen de datos*

TPLINK				
DATOS	CONDICION ESTABLE	VARIACION FRECUENCIA	EMPALME	CIRCUITO BIFASICO
MAXIMO DE TRANSFERENCIA DATOS (Kbytes)	19550	11237	11539	11621
MINIMO DE TRANSFERENCIA DATOS (Kbytes)	16980	10287	0	5256
PROMEDIO DE TRANSFERENCIA DATOS(Kbytes)	18060	10480	5589	10884
TRENDNET				
DATOS	CONDICION ESTABLE	VARIACION FRECUENCIA	EMPALME	CIRCUITO BIFASICO
MAXIMO DE TRANSFERENCIA DATOS (Kbytes)	19480	11237	11621	11639
MINIMO DE TRANSFERENCIA DATOS (Kbytes)	16870	10287	0	9967
PROMEDIO DE TRANSFERENCIA DATOS(Kbytes)	18900	10479	3906	10769
TPLINK				
DATOS	CONDICION ESTABLE	VARIACION FRECUENCIA	EMPALME	CIRCUITO BIFASICO
MAXIMO ANCHO DE BANDA (Kbps)	160170	92057	94527	95197
MINIMO ANCHO DE BANDA (Kbps)	139120	84272	0	43053
PROMEDIO ANCHO DE BANDA (Kbps)	147960	85849	45787	89160
TRENDNET				
DATOS	CONDICION ESTABLE	VARIACION FRECUENCIA	EMPALME	CIRCUITO BIFASICO
MAXIMO ANCHO DE BANDA (Kbps)	160000	92057	95197	95350
MINIMO ANCHO DE BANDA (Kbps)	138180	84272	0	81650
PROMEDIO ANCHO DE BANDA (Kbps)	148210	85847	33507	88219

### 13. Conclusiones

- Se implemento una red de datos con un dispositivo PLC donde se presentaba una variación de frecuencia en la red eléctrica, se determinó que el dispositivo 'presenta falla eléctrica en sus componentes electrónicos.
- Se comprobó que la red comunicación con dispositivos PLC, instalando empalmes en el conductor eléctrico, provoca intermitencia en la transferencia de datos.
- Se conecto a diferentes fases los dispositivos PLC, se evidencio que la red de comunicación en su transferencia de datos y ancho de banda se redujeron un 40% comparado con una conexión estable a una sola fase.
- Con las redes de datos implementadas con dispositivo PLC que puede ser TRENDNET o TPLINK, con diferentes entornos eléctricos que pueden ser empalme, conexiones a diferentes fases, tiene una menor afectación en el dispositivo TRENDNET a comparación del TPLINK.

## 14. Referencias

Ndlovu M, « An OFDM Inter-Subcarrier Permutation Coding Scheme for Power -Line Communication » IEEE ISPLC 2014 - 18th IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications, 201

Vallejo-Mora A. B., Sánchez-Martínez J. J., Cañete F. J., Cortés J. A., Díez L., "*Analysis of In-Vehicle Power Line Channel Response*," IEEE Latin America Transactions, Vol. 9, N° 4, July 2011, pp. 445-450.

Tomasi W (2003), Comunicación de datos, comunicaciones Sistemas de Comunicaciones pag (526) Electrónicas Phoenix, Arizona, EEUU, Pearson educación

Fernández M (2009), "Medios de transmisión", DEPARTAMENTO DE LENGUAJES Y SISTEMAS INFORMÁTICOS, Universidad de Cádiz, España, [http://www.mfbarcell.es/redes\\_de\\_datos/tema\\_08/tema08\\_medios.pdf](http://www.mfbarcell.es/redes_de_datos/tema_08/tema08_medios.pdf)

Tinoco Y, 2013, Medios de Transmisión inalámbricos, <http://mediosdetrasmisiondedatosalambricos.blogspot.com.co/2013/08/medios-de-trasmision-giados-o-alambricos.html>

Gutiérrez X (2004), "Diagrama de flujo investigación experimental", República Bolivariana de Venezuela instituto universitario politécnico "

Galicia, F. (1971). Introducción a la técnica investigación en psicología. Trillas.

Peña K, Jiménez I (2017), "Diseño de la investigación Experimental y no experimental", <https://es.slideshare.net/CECY50/diseo-de-la-investigacin-75285317>

(A. B. Vallejo-Mora, J. J. Sánchez-Martínez, F. J. Cañete, J. A. Cortés, L. Díez, 2011 "*Analysis of In-Vehicle Power Line Channel Response*," [http://www.plc.uma.es/articulos/Analysis%20of%20In-Vehicle%20Power%20Line%20Channel%20Response\\_2011.pdf](http://www.plc.uma.es/articulos/Analysis%20of%20In-Vehicle%20Power%20Line%20Channel%20Response_2011.pdf)

TOMASI, WAYNE (2003), Comunicación de datos, comunicaciones Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Phoenix, Arizona, EEUU, Pearson educación



Yolanda tinoco, 2013, Medios de Transmisión inalámbricos, <http://mediosdetrasmisiondedatosalambricos.blogspot.com.co/2013/08/medios-de-trasmision-giados-o-alambricos.html>

B. Vallbè, J. Balcells, P. Bogónez-Franco, J. Mata, X. Gago, 2010, Immunity of power line communications (PLC) in disturbed networks, university cataluya 2010.

R.Pudumai Nayagi#1, R.Seethalakshmi\*2,2013, Design and Implementation of Digital Notice Board Using Power Line Communication Deshpande , Universty, Thanjavur, Tamil Nadu, India

Apostolos N. Milioudis, Konstantinos N. Syranidis, Georgios T. Andreou, and Dimitrios P. Labridis, 2013, Modeling of Medium-Voltage Power-Line Communication Systems Noise Levels, Thessaloniki, Greece.

Azeem M. Birhman V.2014 Implementation of Power Line Communication for energy measurement. International Journal Of Engineering Research & Management Technology. ISSN: 2277-9655

Pandit A. Bhatnagar A. Jalan A. Sarna A.2014 Power Line Communication- For Home Automation. International Journal Of Engineering Research & Management Technology. ISSN: 2348-4039 Volume 1, Issue 2

Shrotriya A. Saxena D. Kumari J.2006 Noise in Indoor Power Line Communication Channel. Drona's College of Management and Technical Education. ISSN: 2321-9939.

Lee J. Seon C. Kang M. Hong W. 2006 Power line communication network trial and management in Korea. International Journal Of Engineering Research & Management Technology. DOI: 10.1002/nem.632/Published online in Wiley InterScience /Int. J. Network Mgmt 2006; 16: 443–457

F. J. Canete, L. Diez, J. A. Cortes and J. T. Entrambasaguas, "Broadband modelling of indoor power-line channels," in IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 48, no. 1, pp. 175-183, Feb. 2002.

doi: 10.1109/TCE.2002.1010108

IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications," in IEEE Std 1901-2010 , vol., no., pp.1-1586, 30 Dec. 2010

doi: 10.1109/IEEESTD.2010.5678772

Olobarcos Recuperado <https://olcbarbados.com/products/nettplinktpa4010kit>

Amazon Recuperado <https://www.amazon.com/TRENDnet-Powerline-Pass-Through-TPL-407E-TPL-407E2K/dp/B009ZRBXMI>

Ministerio de minas y energía (2013) Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE  
pagina 20 ciudad: Bogotá País: Colombia Resolución 9 0708.

Nicolas Richasse (2003), JPERF 2.0.2 [Software de computador] Chicago.

## **15. Anexos**

Los anexos están adjuntos en el siguiente orden:

15.1 Anexo1. Variación frecuencia

15.2 Anexo2. Empalmes conductores eléctricos

15.3 Anexo3. Conexión bifásica

15.4 Anexo4. Condiciones estables