

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, ELECTRONICA Y AMBIENTAL  
INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**



**DISEÑO DE UNA RED DE AREA LOCAL MEDIANTE TECNOLOGIA POWER  
LINE COMMUNICATION INDOOR QUE PERMITA LA DISTRIBUCION DE  
INTERNET EN UN EDIFICIO HABITACIONAL UBICADO EN EL DISTRITO DE  
VILLA EL SALVADOR**

**TEMA DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER  
MANOLO RAZIEL MOSCOSO PAUCCAR**

**LIMA-PERU  
2015**



Dedicado a mis padres que gracias a su apoyo y guía incondicional me muestran el camino para alcanzar mis metas

Agradezco a todos los docentes que tuve en mi formación académica y en especial a Dios que me da la fuerza y esperanza en seguir adelante.

## INDICE

INTRODUCCION.....	01
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>02</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	02
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	03
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	03
1.3.1 CONCEPTUAL .....	03
1.3.2 ESPACIAL .....	03
1.3.3 TEMPORAL.....	04
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	04
1.5 OBJETIVO.....	04
<b>CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA TEORICO Y CONCEPTUAL .....</b>	<b>05</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	05
2.2 MARCO TEORICO.....	06
2.2.1 RED DE AREA LOCAL.....	06
2.2.2 INTERNET .....	07
2.2.3 ACCESO A INTERNET .....	08
2.2.4 POWER LINE COMMUNICATION .....	08
A) BACKBONE.....	09
B) PLC OUTDOOR.....	10
C) PLC INDOOR .....	10
2.2.5 MULTIPLEXACION POR DIVISION DE FRECUENCIA ORTOGONAL .....	14

2.2.6 PLC Y EL MODELO OSI .....	16
2.2.7 CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE INSTALACION .....	17
2.3 MARCO CONCEPTUAL .....	19
2.3.1 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.....	20
<b>CAPITULO III: DESARROLLO DE LA METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
3.1 ANALISIS DEL MODELO .....	23
3.2 ANALISIS DE COSTO .....	25
3.2.1 PROPUESTA N°1 .....	27
3.2.1 PROPUESTA N°2 .....	28
3.3 DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL MODELO DE RED LAN PLC .....	30
a) RECONOCIMIENTO DE LA RED ELÉCTRICA.....	31
b) SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ACCESO DE SERVICIO.....	31
c) INSTALACION DE EQUIPOS.....	32
3.3.1 PASOS DE LA INSTALACION .....	32
3.3.2 PRUEBAS DE CONEXIÓN.....	36
3.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS .....	46
CONCLUSIONES .....	48
RECOMENDACIONES .....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	50
ANEXOS.....	52

ANEXO 1: REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES .....	52
ANEXO 2: ORDENANZAS MUNICIPALES.....	56
ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DEL AV200 NANO PLC.....	59
ANEXO 4: Ficha Técnica del Router ZXHN H108N .....	60

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Modelo de Referencia OSI .....	16
Tabla 2: Costo de Servicio Movistar.....	25
Tabla 3: Costo de Servicio Claro.....	26
Tabla 4: Recaudación mensual de los usuarios .....	27
Tabla 5: Ganancia mensual de los 3 primeros meses .....	27
Tabla 6: Recaudación mensual de los usuarios .....	28
Tabla 7: Ganancia mensual de los 3 primeros meses .....	29
Tabla 8: Nueva Ganancia Mensual .....	29



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Red LAN con dispositivos conectados .....	07
Figura 2: Arquitectura de un sistema de comunicación PLC .....	09
Figura 3: Sistema Outdoor .....	10
Figura 4: Sistema Indoor .....	11
Figura 5: Red con Tecnología PLC (indoor .....	12
Figura 6: Rango de trabajo de las redes eléctricas y PLC .....	13
Figura 7: Distribución de frecuencias del espectro PLC .....	14
Figura 8: Subportadoras OFDM .....	15
Figura 9: Conexión simple y doble .....	18
Figura 10: Conexión de derivación.....	19
Figura 11: Topología propuesta para compartir acceso a internet .....	24
Figura 12: Grafica de los puntos de alimentación que serán puntos de acceso ....	24
Figura 13: Mapa de Ubicación .....	30
Figura 14: Edificio de Pruebas .....	30
Figura 15: Distribución Eléctrica.....	31
Figura 16: Inyección de la señal de internet en la línea eléctrica desde el router ..	32
Figura 17: Emparejamiento y extracción de la señal .....	33
Figura 18: Software Aplicativo .....	33
Figura 19: Información del dispositivo conectado.....	34
Figura 20: Elección de un nombre y contraseña .....	34
Figura 21: Información del estado de la Red.....	36
Figura 22: Dirección IP de la PC .....	37

Figura 23: Dirección IP de la Laptop .....	37
Figura 24: Laptop conectada en una toma eléctrica del 1er piso .....	38
Figura 25: Ping hacia la PC del 2do piso .....	39
Figura 26: Ping hacia el servidor de Google .....	40
Figura 27: Laptop conectada en una toma eléctrica del 2do piso.....	41
Figura 28: Ping hacia la PC ubicada en el 2do piso .....	42
Figura 29: Ping hacia el servidor de Google .....	43
Figura 30: Laptop conectada a una toma eléctrica del 3er piso .....	43
Figura 31: Ping hacia la PC ubicada en el 2do piso .....	44
Figura 32: Ping hacia el servidor de Youtube.....	45
Figura 33: Velocidades de transferencia de internet por adaptador .....	47
Figura 34: Nano PLC AV200 TP-LINK .....	59
Figura 35: Panel trasero del Router .....	61
Figura 36: Conexión Hardware del router .....	62
Figura 37: Router ZXHN H108N .....	62

## INTRODUCCION

Dado el desarrollo en las telecomunicaciones y la necesidad de acceder a estos servicios como lo es internet y el creciente número de hogares en los edificios, se desarrolla el proyecto de investigación, “Diseño de una red de área local mediante tecnología Power Line Communication Indoor que permita la distribución de internet en un edificio habitacional ubicado en el distrito de Villa El Salvador”, el cual abarca en 3 capítulos que se describen a continuación.

En el primer capítulo se desarrolla el planteamiento del problema, el cual describe tanto la realidad problemática como la justificación de la investigación, se delimita de forma conceptual, espacial, temporal y por último formulo el problema a desarrollar con los objetivos que deseo alcanzar al terminar el proyecto presentando esta alternativa tecnológica aplicada a una red LAN PLC.

El segundo capítulo se desarrolla el marco de referencia teórico y conceptual que abarca los puntos con respecto a los antecedentes de la investigación o proyectos de tesis similares a este trabajo. Seguidamente se presenta el marco teórico y conceptual donde se definirán las teorías, conceptos y definiciones de los términos básicos con respecto a la Tecnología Power Line Communication.

El tercer capítulo abarca el Desarrollo de la Metodología en donde se desarrolla tanto el análisis y el diseño de un modelo para luego comparar los resultados e interpretarlos.

Al finalizar los capítulos muestro las conclusiones del proyecto, sus recomendaciones y una lista con las referencias bibliográficas que ayudaron a elaborar el presente informe de investigación.

EL AUTOR

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El crecimiento urbano que ha enfrentado el país durante los últimos años está representado por el aumento de la construcción de vivienda tipo casas o departamentos. Según un estudio realizado por la cámara peruana de construcción, en el año 2011 el sector inmobiliario creció en un 38.0% y en el año 2012 creció en un 10.9%. Este aumento en la construcción de viviendas y mayormente de viviendas del tipo vertical (departamentos) se enlaza con el crecimiento de la demanda de los servicios de telecomunicaciones el cual obliga a considerar una problemática específica para el acceso a estos servicios en departamentos, como es por ejemplo el acceso a internet. Teniendo en consideración las dificultades que existen con el cableado al desplegar una infraestructura de comunicaciones, existe una normativa que impide el uso cableado aéreo en algunas zonas, esta medida por el lado de la empresa es perjudicial al significar un costo mayor en la instalación. Del lado del usuario la instalación usualmente es poco estética, especialmente en viviendas tipo edificio, dada la cantidad de usuarios y por consiguiente la instalación individual que cada usuario requeriría.

Es por eso que se propone el diseño de una red LAN mediante una nueva tecnología Power Line Communication (PLC) que permita una distribución de la señal de internet en infraestructuras de tipo vertical y de esta manera evitar las desventajas mencionadas que se producen en un despliegue de estas características como lo es internet.

## **1.2 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION**

Teniendo en cuenta las redes de acceso existentes en nuestro país, que nos permiten acceder a los diferentes servicios de comunicaciones, entre ellos internet y considerando las dificultades que se presentan tanto al desplegar una infraestructura cableada (estética y en algunos casos complicada al tendido), o a través de forma inalámbrica wi-fi (robo de la señal en redes vulnerables) me lleva considerar el uso de una nueva tecnología llamada Power Line communication que anulara de forma tajante los problemas mencionados anteriormente, sino que además de sacar provecho de una red tendida ya existente que viene a ser la red eléctrica el cual aminorara los costos para cualquier empresa o local que desee implementarla, esta tecnología permite un sencillo uso del usuario sin tener que realizar complicadas configuraciones de equipos que otras tecnologías ofrecen como el caso de los router.

## **1.3 DELIMITACION DE LA INVESTIGACION**

**1.3.1 Conceptual:** El presente trabajo se centrara exclusivamente en la tecnología Power Line communication (PLC) y la aplicación que se le puede dar para la implementación de una red LAN.

**1.3.2 Espacial:** La presente investigación se realizara en un edificio habitacional ubicado en la Av. Jorge Chávez sector 2 grupo 15 Manzana L, lote 9 en el distrito de Villa el Salvador.

**1.3.3 Temporal:** Comprende entre los periodos de Abril – Diciembre del 2014.

#### **1.4 FORMULACION DEL PROBLEMA**

En nuestro país la tecnología mediante power line communication (PLC) no es muy conocida ni aplicada, debido a la poca difusión que se tiene respecto a este tema, muy a pesar de que esta es una herramienta emergente y favorable en temas de distribución de la señal de internet en ambientes indoor. Motivo por el cual me realizo las siguientes preguntas.

- ¿Cómo se puede aplicar la tecnología PLC en el diseño de una red de área local que permita distribuir la señal de internet hacia los departamentos del edificio habitacional?
- ¿Y qué ventajas presenta su instalación para tener interconectado a todos los equipos con respecto a otras tecnologías?

#### **1.5 OBJETIVOS**

- **GENERAL:** Diseñar una red de área local mediante Power Line Communication indoor (PLC) que permita la distribución de la señal de internet en un edificio habitacional.
- **ESPECIFICO:** Dar a conocer esta tecnología a través de las ventajas que presenta su instalación tanto física como económica con respecto a otras opciones tecnológicas del mercado.

## **CAPITULO II**

### **MARCO DE REFERENCIA TEORICO Y CONCEPTUAL**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

A lo largo del presente trabajo, se encontraron ciertos proyectos de tesis similares que sirvieron de ayuda para la elaboración de mi proyecto de investigación, entre las cuales podremos citar las siguientes:

“Estudio y Diseño de una red Lan para voz y datos utilizando tecnología Power Line Communications (PLC) como alternativa al cableado estructurado para un edificio de oficinas” – Escuela Politécnica Nacional – Ecuador, presentado por la Srta. Mariuxi Elizabeth Parra Encalada en el 2008, que concluyo lo siguiente: “La tecnología PLC viene a ser una excelente alternativa cuando se trata de aplicaciones de audio y video por la velocidad que ofrece a 200Mbps y con el presente proyecto de titulación se logró proyectar esta tecnología en el campo de las redes de datos donde todavía no ha sido explotada así logrando diseños más prácticos en nuestra sociedad tecnológica”.

“Tecnología PLC: Propuesta de Conexión de banda ancha para un sector rural” – Universidad Austral de Chile, presentado por el Sr. Rodrigo Andrés Riffo en el 2009, que concluyo lo siguiente: “El PLC se presenta como una atractiva

tecnología al permitir la transmisión de datos a través del cableado eléctrico, a tasas que en la actualidad superan los 14 Mbps. Sin embargo aún persisten problemas de despliegue en esta tecnología principalmente a la falta de estándares y compatibilidad electromagnética con otras tecnologías ya desplegadas. No obstante el desarrollo alcanzado por los dispositivos plc indoor a través del estándar home Plug principalmente le ha dado un nuevo empuje a la tecnología. Lo que permitió a los docentes y alumnos de la Escuela Rural Coihueco contar con una gran herramienta educativa. Ya que podrán acceder y aprovechar los recursos que proporciona el enlace satelital de internet, desde cualquier enchufe disponible en las salas de clases.

“Consideraciones generales para transmisión de datos a través de la red eléctrica (PLC)” – Universidad de San Carlos de Guatemala, presentado por la Srta. Ingrid Jessenia Batres España en el año 2006, que concluyo lo siguiente: “La tecnología PLC permite a las compañías eléctricas ampliar y mejorar sus servicios tradicionales, como poder interconectar sus distintas subestaciones o centros de transformación, tener telecontrol y telemedida tanto de sus medidores de energía en las subestaciones, como en los medidores de sus usuarios. Además pueden ser utilizados para la construcción de una red LAN en el hogar, sin necesidad de cableado nuevo, lo que da lugar a la utilización de una técnica llamada domótica, con la cual se puede llegar a controlar los electrodomésticos a distancia.

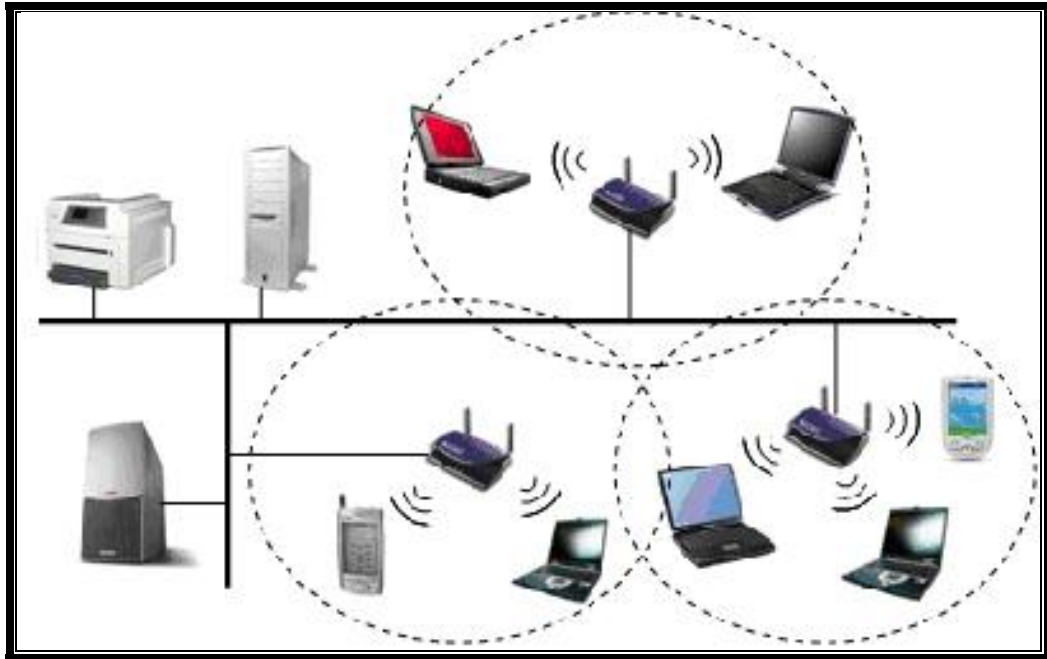
## **2.2 MARCO TEORICO**

### **• 2.2.1 RED DE AREA LOCAL**

Se denomina red de área local o red LAN (Local Área Network) a un conjunto de dispositivos informáticos (computadoras, impresoras, fax, teléfonos IP, etc.) que están conectados entre sí mediante dispositivos físicos que envían y reciben impulsos eléctricos u ondas electromagnéticas o cualquier medio para



el transporte de datos con la finalidad de compartir información y recursos, donde su característica principal es que estos se encuentran en una misma área geográfica que puede ser una oficina o un edificio.



**Figura 1:** Red LAN con dispositivos conectados

- **2.2.2 INTERNET**

Internet es un conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP, lo cual garantiza que las redes físicas heterogéneas que la componen funcionen como una red lógica única, de alcance mundial. Sus orígenes se remontan a 1969, cuando se estableció la primera conexión de computadoras, conocida como Arpanet, entre tres universidades en California y una en Utah, Estados Unidos.

Uno de los servicios que más éxito ha tenido en Internet ha sido la World Wide Web (www o la Web), a tal punto que es habitual la confusión entre ambos términos. La www es un conjunto de protocolos que permite, de forma sencilla,

la consulta remota de archivos de hipertexto. Esta fue un desarrollo posterior (1990) y utiliza Internet como medio de transmisión.

Existen, por tanto, muchos otros servicios y protocolos en Internet, aparte de la Web: el envío de correo electrónico (SMTP), la transmisión de archivos (FTP y P2P), las conversaciones en línea (IRC), la mensajería instantánea y presencia, la transmisión de contenido y comunicación multimedia telefonía (VoIP), televisión (IPTV), los boletines electrónicos (NNTP), el acceso remoto a otros dispositivos (SSH y Telnet) o los juegos en línea

- **2.2.3 ACCESO A INTERNET**

Una red de acceso nos permite acceder a servicios de telecomunicaciones mediante diferentes tecnologías que se clasifican según la infraestructura física que utilizan, de esta forma es el primer tramo entre los dispositivos del lado del cliente, como teléfonos, módems, routers, etc. hasta los nodos de las redes de datos y de voz.

En la industria de telecomunicaciones las redes de acceso son una pieza fundamental por su estrecha relación con la oferta y calidad de los servicios así como por su importancia en los mercados liberalizados.

Entre los principales medios de acceso a la red comunicaciones se tiene:

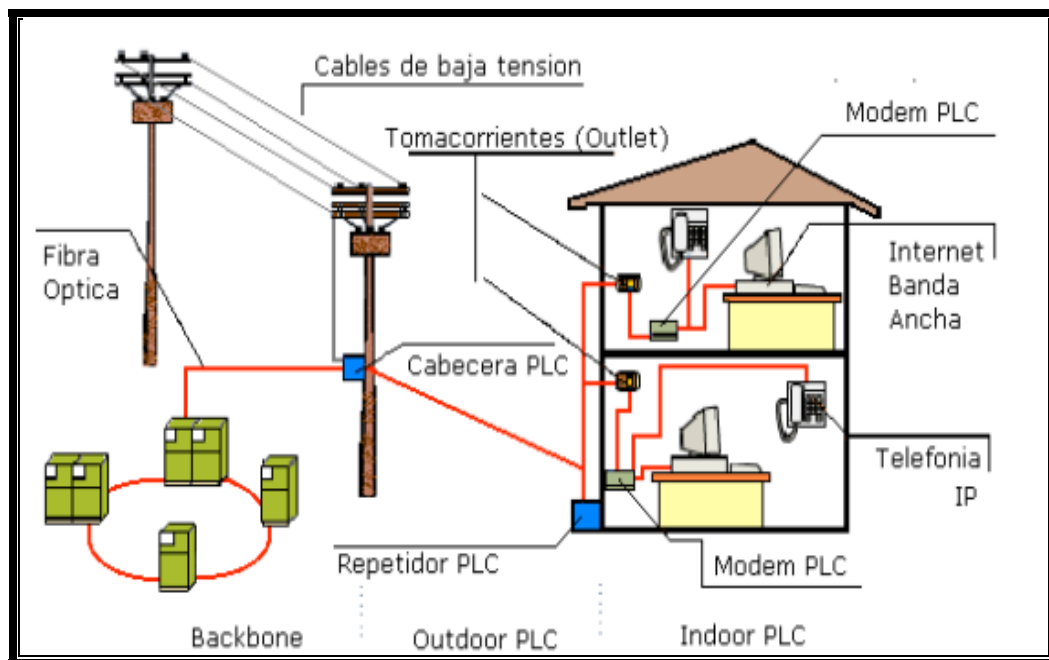
1. Mediante hilos de cobre
2. Mediante fibra óptica y cable coaxial
3. Acceso inalámbrico mediante radio
4. Nuevas tecnologías, como el uso de la red eléctrica (PLC)

- **2.2.4 POWER LINE COMMUNICATION**

Power Line Communications, también conocido por sus siglas PLC, es un término inglés que puede traducirse por comunicaciones mediante cable eléctrico y que se refiere a tecnologías diferentes que utilizan las líneas de energía eléctrica convencionales para transmitir señales de radio para

propósitos de comunicación. La tecnología PLC aprovecha la red eléctrica para convertirla en una línea digital de alta velocidad de transmisión de datos, permitiendo, entre otras cosas, el acceso a Internet mediante banda ancha. Las redes Power Line Communication se pueden agrupar en 3 bloques, que son las siguientes:

- A) BACKBONE
- B) PLC OUTDOOR
- C) PLC INDOOR



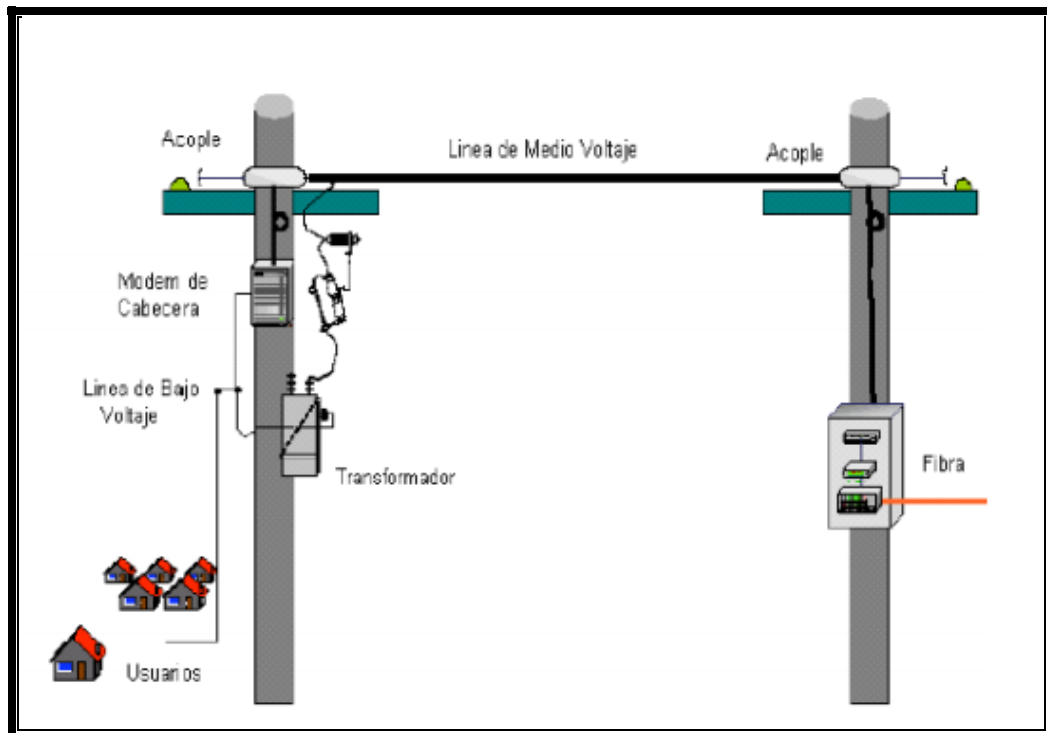
**Figura 2:** Arquitectura de un sistema de comunicación PLC

### **A) BACKBONE:**

Conecta la red Outdoor con la red de transporte de telecomunicaciones e inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte o línea de media tensión.

## B) PLC OUTDOOR:

Cubre el tramo que en telecomunicaciones se conoce como última milla y para el caso de la red PLC comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador de distribución hasta el medidor de la energía eléctrica.



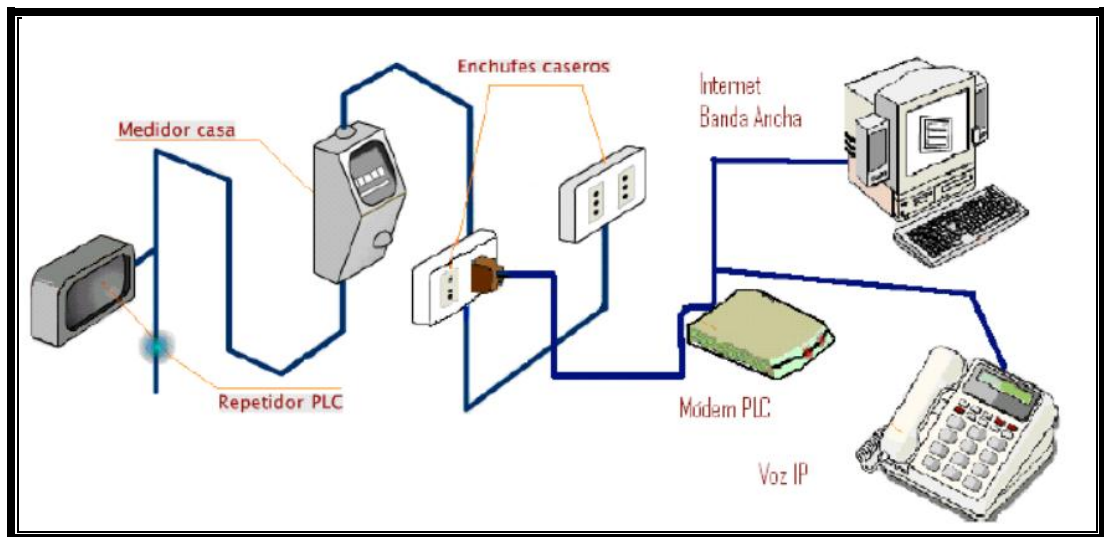
**Figura 3:** Sistema Outdoor

Este primer sistema es administrado por un equipo Cabecera PLC, que conecta a esta red con la red de transporte de telecomunicaciones o Backbone. De esta manera el equipo de cabecera inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte.

## C) PLC INDOOR:

Cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todos los tomacorrientes o enchufes ubicados al interior de los hogares. Para ello, este sistema utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.

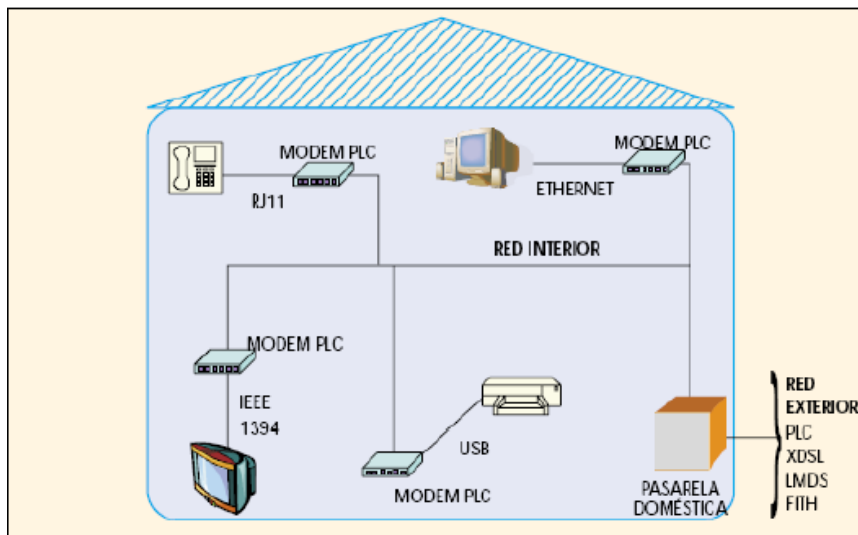
Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo Repetidor PLC. Este equipo, normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica y está compuesto de un Módem Terminal y un Equipo de Cabecera. El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo Cabecera del sistema Outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del Repetidor e inyecta la señal en el tramo Indoor. El hecho de que ambos servicios, los de energía eléctrica y los de transmisión de datos, operen en frecuencias muy distantes en la banda espectral, permite que estos puedan compartir el medio de transmisión sin que uno interfiera sobre el otro.



**Figura 4:** Sistema Indoor

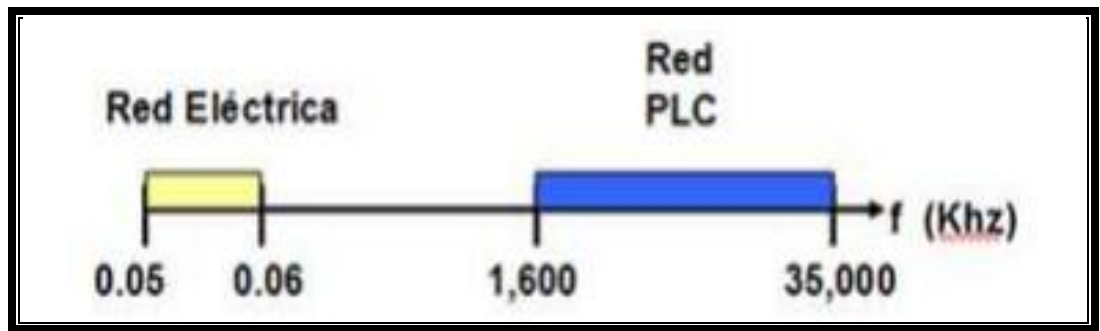
La tecnología PLC también puede usarse en la interconexión en red de computadoras caseras y dispositivos periféricos, incluidos aquellos que necesitan conexiones en red. Las normas o estándares existentes han sido desarrolladas por diferentes empresas dentro del marco definido por las organizaciones estadounidenses HomePlug Powerline Alliance y la Universal Powerline Association. Las características físicas y de capilaridad de la red eléctrica y las altas prestaciones de los estándares por parte de IEEE, posicionan a esta tecnología como una excelente alternativa, siempre que se disponga de redes privadas de cable sobre las cuales se puedan inyectar las

señales. Dentro de todo esto se encuentra los Modem o adaptadores PLC, el cual es el equipo ubicado dentro del domicilio y funciona como interfaz entre el ordenador y la red eléctrica, pueden ser internos, pudiendo ser acoplados internamente a la PC o externos, conectándose principalmente por medio de su puerto USB o Ethernet. Estos Adaptadores utilizan tecnología de modulación OFDM para la transmisión de la señal a través de la red eléctrica.



**Figura 5:** Red con Tecnología PLC (indoor)

Mediante un correcto acondicionamiento de las instalaciones eléctricas es posible transmitir señales de baja frecuencia y otras por encima de la banda de 1MHz, desafectando de este modo el rendimiento del suministro eléctrico. Las señales de baja frecuencia (50Hz-60Hz) son las encargadas de la transmisión de la energía, mientras que la banda de más alta frecuencia es utilizada para la transmisión de datos, logrando ambas transmisiones en paralelo.



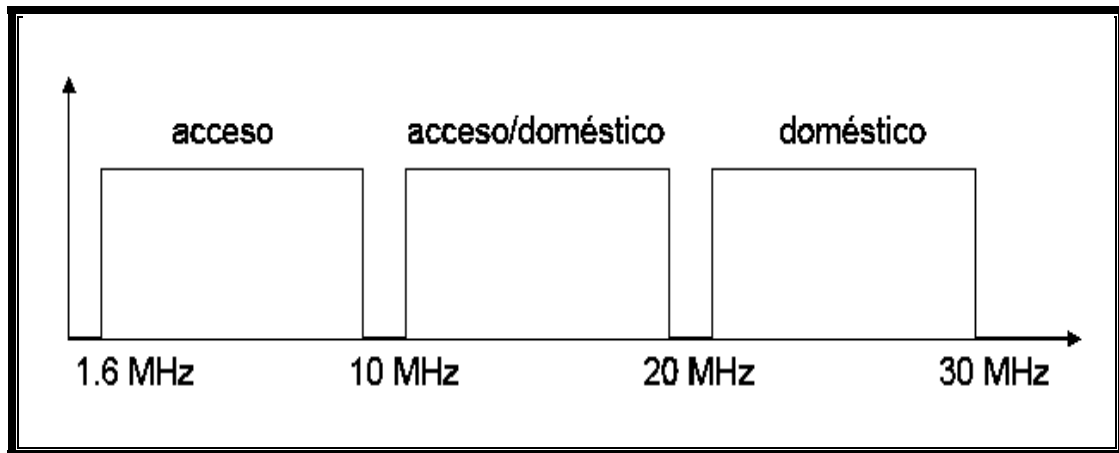
**Figura 6:** Rango de trabajo de las redes eléctricas y PLC.

Por medio de los componentes acondicionadores, es posible adecuar y filtrar ambas señales. Se logra así separar la electricidad de las señales de alta frecuencia, que luego son decodificadas en canales de datos (datos, voz, video, etc.).

El hecho de que ambos servicios, los de energía eléctrica y los de transmisión de datos, operen en frecuencias muy distintas y distantes, permite que estos puedan compartir el medio de transmisión sin que uno interfiera sobre el otro. De esta manera, la tecnología PLC permite aprovechar una propiedad propia del conductor eléctrico que hasta la fecha se encontraba sin aprovechar que es la banda de frecuencia no utilizada por la energía eléctrica.

Los sistemas PLC ocupan un espectro de HF (“High Frequency”). Este rango está ubicado entre 1.6 MHz a 30 MHz. En el cual se asignan los siguientes rangos que se presentan a continuación:

- Sistemas PLC de Acceso ocupan la banda de frecuencia entre 1,6 MHz a 10MHz.
- Sistemas PLC Domésticos ocupan la banda de frecuencia entre 10 MHz a 30MHz.



**Figura 7:** Distribución de frecuencias del espectro PLC

Obsérvese que la banda media puede asignarse indistintamente para acceso o dentro del hogar. Se está proponiendo que los sistemas de hogar detecten automáticamente la presencia o no de un sistema de acceso en esa banda, de forma que la puedan ocupar en caso de que esté libre y aumentar así sus prestaciones.

- **2.2.5 MULTIPLEXACION POR DIVISION DE FRECUENCIA ORTOGONAL**

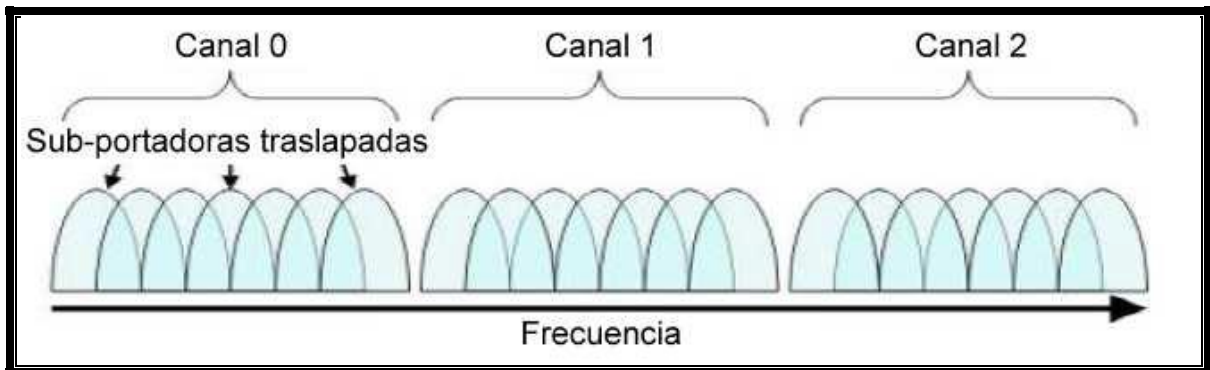
La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, en inglés Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), o Discrete Multi-tone Modulation (DMT) es una multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK. Normalmente se realiza la multiplexación OFDM tras pasar la señal por un codificador de canal con el objetivo de corregir los errores producidos en la transmisión, entonces esta multiplexación se denomina COFDM, del inglés Coded OFDM.



Debido al problema técnico que supone la generación y la detección en tiempo continuo de los cientos, o incluso miles de portadoras equiespaciadas que forma OFDM, los procesos de multiplexación y demultiplexación se realizan en tiempo discreto mediante la IDFT y la DFT respectivamente.

OFDM tiene su analogía con la multiplexación FDM, donde las múltiples fuentes ocupan un mismo espectro, pero, con OFDM cada fuente se convierte a una banda de frecuencia diferente; es decir, utilizando portadoras de diferente frecuencia que se transmiten simultáneamente por un solo medio de transmisión. OFDM distribuye los datos sobre un número grande de portadoras que están espaciadas en frecuencias determinadas.

Este espacio proporciona la ortogonalidad que impide al demodulador ver frecuencias que no sean las propias. Así todos los canales de banda angosta se pueden transmitir en un sistema de transmisión de banda ancha, lo cual se logra asignando a cada canal una portadora diferente.



**Figura 8:** Subportadoras OFDM

OFDM es un sistema que resulta eficiente y flexible para trabajar en un medio como la red eléctrica, ya que el rango espectral queda dividido en ranuras (slots), cuyo ajuste permite que los equipos se adapten dinámicamente a las

condiciones del medio, potenciando aquellas frecuencias donde el ruido es menor y anulando el uso de frecuencias donde el ruido es elevado; es decir, OFDM puede usar o dejar de usar cualquier subcanal de frecuencia con el fin de mantener una óptima tasa de error.

- **2.2.6 PLC Y EL MODELO OSI**

Para la descripción de la operación de los sistemas de telecomunicaciones modernos, generalmente se utiliza el modelo de referencia OSI (“Open Systems Interconnection”) promovido por la ISO para definir la forma en que se comunican los sistemas abiertos de telecomunicaciones, es decir, los sistemas que se comunican con otros sistemas. El modelo de referencia consiste en 7 capas. Estas capas se visualizan generalmente como bloques apilados, por lo que también se le conoce como el "OSI Protocol Stack".

PLC trabaja principalmente en la capas 1 y 2, es decir en la capa física y en la capa de enlace de datos.

<b>CAPA</b>	<b>DETALLES</b>
<b>7. APLICACIÓN</b>	Soporta aplicaciones que utiliza directamente el usuario.
<b>6. PRESENTACIÓN</b>	Toma los datos de red, y los presenta a las aplicaciones para darles el formato adecuado para ser usados.
<b>5. SESIÓN</b>	Establece y maneja las conexiones lógicas o sesiones.
<b>4. TRANSPORTE</b>	Manejo de los mensajes de sesión entre los puntos de la red.
<b>3. RED</b>	Manejo de las conexiones lógicas, direccionamiento enrutamiento y manejo del trafico
<b>2. ENLACE DE DATOS</b>	Manejo y entrega de datos entre dos nodos de la red
<b>1. FÍSICA</b>	Conexiones y medio físico de la red

**Tabla 1:** Modelo de Referencia OSI

## ❖ **CAPA FÍSICA**

La Capa física del modelo de referencia OSI es la que se encarga de las conexiones físicas, es decir, el nivel básico que se compone generalmente por el cableado. La tecnología PLC cuenta con la ventaja de utilizar infraestructura física ya instalada; los cables eléctricos, como su capa física se genera un ahorro en obras de instalación de cableado, sin embargo, se tiene la limitante de que este medio no fue concebido para soporte de telecomunicaciones, por lo que se hace necesario el uso de equipos con altas velocidades de trabajo y eficiencia espectral para lograr transmisiones confiables.

Se debe considerar una capa física robusta debido a que esta específica la modulación, la codificación y el formato de los paquetes. La capa física es la encargada de definir las especificaciones eléctricas, mecánicas y funcionales para activar y mantener un enlace físico entre varios elementos. A este nivel, cualquier nodo debe ser capaz de enviar bits a otro nodo conectado a la red eléctrica. La capa física de PLC utiliza OFDM como técnica de modulación para contrarrestar esta desventaja del canal de comunicaciones.

## ❖ **CAPA ENLACE DE DATOS**

PLC se gobierna mayoritariamente por protocolos de capa 2. En esta capa, se realiza la organización de los datos en paquetes lógicos que serán convertidos a señales binarias para inyectarlas al medio físico y viceversa. Además, se establecen comunicaciones, identificando cada uno de los nodos de la red con una dirección MAC. Al ser 100% compatible con el estándar OSI, PLC puede compartir conexiones con usuarios de Ethernet y otros estándares compatibles.

### • **2.2.7 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE INSTALACION**

Según el Código Nacional de Electricidad (CNE) en edificaciones verticales con dos o más plantas, las conexiones de entrega del servicio eléctrico deben ser centralizadas en un solo punto, debiendo ser este en la base o la primera

planta de la edificación, además debería poderse acceder a este en todo momento y de manera fácil. Este punto de entrega es la acometida y comprende entre la red de distribución, incluyendo el empalme y la caja de conexión/medición o la caja de toma. Existen tres tipos de acometida:

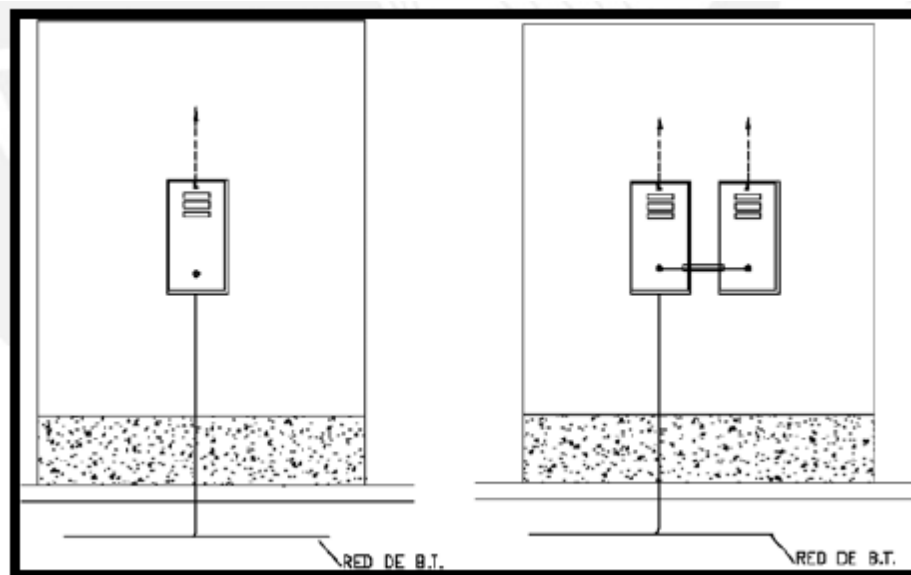
- a. Aérea
- b. Aéreo-Subterránea
- c. Subterránea

Además según el cable de acometida o de sub-acometida y por el número de usuarios se tendrá tres clases de conexión: Conexión simple, Conexión doble y conexión en derivación (Figura 9).

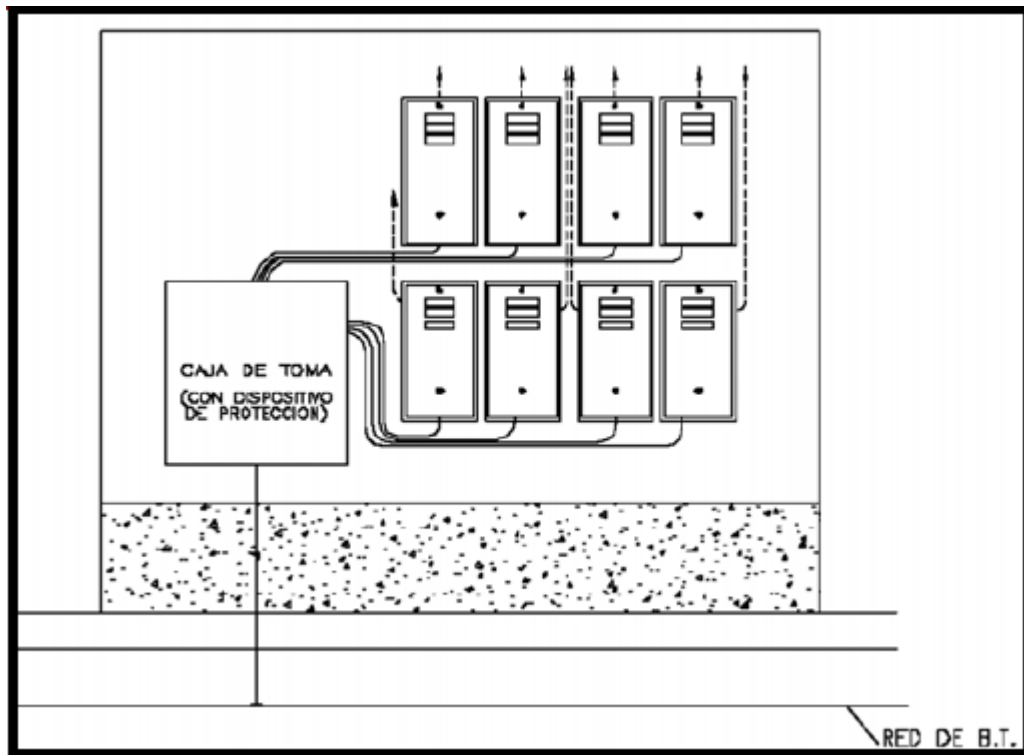
**a. Conexión simple:** Es el suministro a un solo usuario, usando una caja de medición.

**b. Conexión Doble:** Es el suministro a dos usuarios pero usando una sola acometida.

**c. Conexión en Derivación:** Es el suministro de energía eléctrica a más de dos usuarios, para esto se empleara una sub-acometida y cajas de derivación.



**Figura 9:** Conexión simple y Doble



**Figura 10:** Conexión de derivación

### **2.3 MARCO CONCEPTUAL**

Una Red LAN con tecnología Power line Communication viene a consistir en una red de datos de área local como generalmente se le conoce pero con la gran diferencia que esta permitirá la interconexión de los equipos a través de la red eléctrica ya existente y no con cableado Ethernet, ya sea en los hogares o empresas. Es decir utiliza el cableado de nuestras casas para transmitir datos además de la corriente eléctrica.

### 2.3.1 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

- 1) **HOMEPLUG:** HomePlug es el nombre de la familia por comunicaciones de la línea eléctrica que son especificaciones que apoyan la creación de redes a través del cableado eléctrico del hogar existente. Existen varias especificaciones bajo el nombre de HomePlug, cada uno que ofrece capacidades de rendimiento únicas y la convivencia o la compatibilidad con otras especificaciones HomePlug.

Todas las especificaciones fueron desarrolladas por la HomePlug Powerline Alliance que también es propietaria de la marca registrada HomePlug.

- 2) **HOMEPLUG POWERLINE ALLIANCE:** Es una asociación comercial de fabricantes de electrónica, proveedores de servicios y minoristas que establece las normas para las pruebas, y los dispositivos de los miembros para el cumplimiento de las diversas comunicaciones de la línea eléctrica tecnologías conocidas como HomePlug .

La alianza desarrolló estándares para aplicaciones tales como la distribución en el hogar de la televisión, de juegos y conexión a Internet. También desarrolló una especificación para medidores de energía inteligentes y en el hogar las comunicaciones entre los sistemas eléctricos y electrodomésticos. Las pruebas de la alianza para la interoperabilidad lo certifica p a través de productos en base a las especificaciones HomePlug y IEEE 1901.

- 3) **HOMEPLUG AV:** Es una especificación que proporciona suficiente ancho de banda para aplicaciones como la televisión de alta definición y VoIP . HomePlug AV ofrece una tasa máxima de datos de 200Mbps en la capa física, y cerca de 80 Mbps en la capa MAC. Se requieren dispositivos HomePlug AV a convivir, y opcionalmente para interoperar, con dispositivos HomePlug 1.0 (primera especificación lanzada).

- 4) **ESTANDAR IEEE 1901:** El IEEE Std 1901-2010 es un estándar para la alta velocidad (hasta 500 Mbit / s en la capa física) dispositivos de comunicación a través de líneas de energía eléctrica, a menudo llamada banda ancha sobre líneas eléctricas (BPL). La norma utiliza frecuencias de transmisión por debajo de 100 MHz. Esta norma es utilizable por todas las clases de dispositivos, incluyendo dispositivos BPL, BPL utilizados para la conexión (<1500m de la premisa) al acceso a Internet de servicios, así como los dispositivos BPL utilizados dentro de edificios para redes de área local , aplicaciones inteligentes de energía, plataformas de transporte (vehículos ), y otras aplicaciones de distribución de datos (<100m) entre los dispositivos. El estándar IEEE Std 1901-2010 reemplazó una docena de líneas de alta tensión especificaciones anteriores. Incluye una convivencia obligatoria Protocolo Inter-System (ISP). El IEEE 1901 ISP previene interferencia cuando las diferentes implementaciones de BPL son operadas en las proximidades de uno al otro.
- 5) **PROTOCOLO DE MENSAJES DE CONTROL DE INTERNET:** Es el sub protocolo de control y notificación de errores del Protocolo de Internet (IP). Como tal, se usa para enviar mensajes de error, indicando por ejemplo que un servicio determinado no está disponible o que un router o host no puede ser localizado.
- 6) **AES ENCRYPTION:** El estándar de encriptación avanzada es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos. El AES fue anunciado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) como (FIPS 197) el 26 de noviembre de 2001 después de un proceso de estandarización que duró 5 años. Se transformó en un estándar efectivo el 26 de mayo de 2002. Desde 2006, el AES es uno de los algoritmos más populares usados en criptografía simétrica.

- 7) **IP ADDRESS:** (Dirección IP). Dirección de 32 bits definida por el Protocolo Internet en STD 5, RFC 791. Se representa usualmente mediante notación decimal separada por puntos. Un ejemplo de dirección IP es 193.127.88.345.
- 8) **LÍNEA DE ABONADO DIGITAL ASIMÉTRICA (ADSL):** Sigla del inglés Asymmetric Digital Subscriber Line, es un tipo de tecnología de línea DSL. Consiste en una transmisión analógica de datos digitales apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado, siempre y cuando la longitud de línea no supere los 5,5 km medidos desde la central telefónica, o no haya otros servicios por el mismo cable que puedan interferir.
- 9) **ADAPTADOR POWER LINE COMMUNICATION:** Son dispositivos de interconexión que aprovechan la instalación eléctrica existente para la conexión de equipos o elementos Ethernet. Utilizando modulación adaptativa en un máximo de 1.155 subportadoras OFDM y por razones de seguridad, estas incluyen distribución de claves técnicas y el uso de 128 bits AES de cifrado.
- 10) **COMMAND PING:** Es una utilidad diagnóstica en redes de computadoras que comprueba el estado de la comunicación del host local con uno o varios equipos remotos de una red a IP por medio del envío de paquetes ICMP de solicitud y de respuesta. Mediante esta utilidad puede diagnosticarse el estado, velocidad y calidad de una red determinada. Ejecutando Ping de solicitud, el Host local envía un mensaje ICMP, incrustado en un paquete IP. El mensaje ICMP de solicitud incluye, además del tipo de mensaje y el código del mismo, un número identificador y una secuencia de números, de 32 bits, que deberán coincidir con el mensaje ICMP de respuesta; además de un espacio opcional para datos.



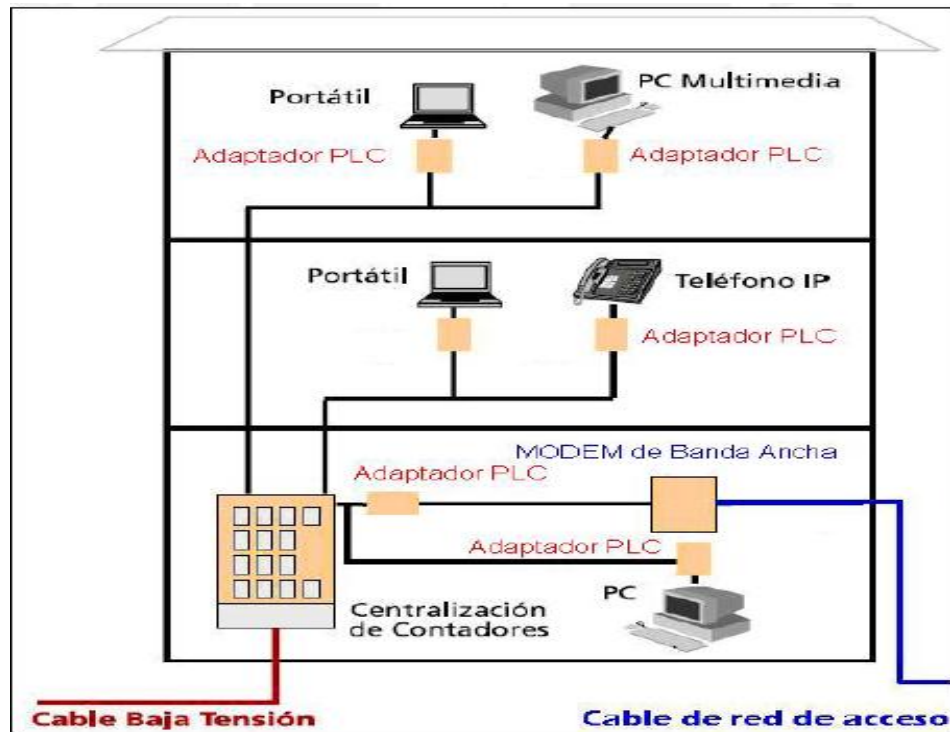
## **CAPITULO III**

### **DESARROLLO DE LA METODOLOGIA**

#### **3.1 ANALISIS DEL MODELO**

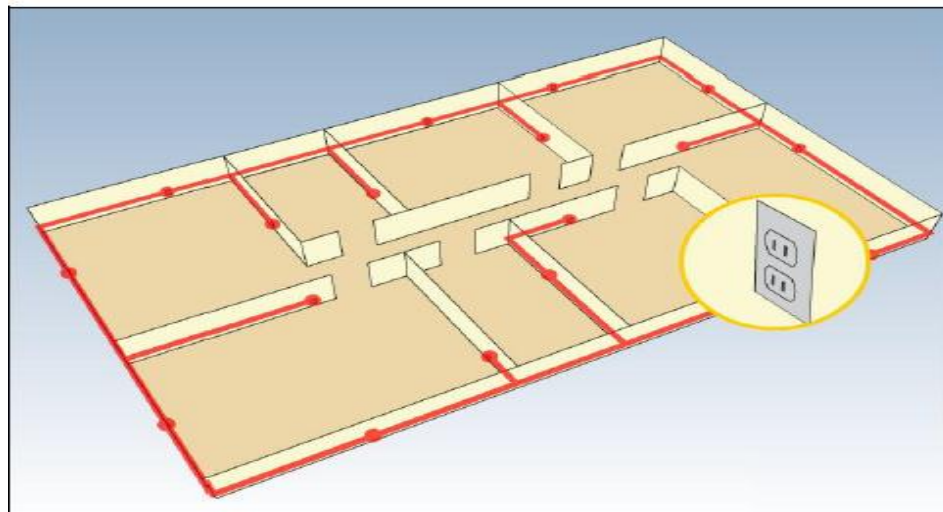
Dada las características en los servicios de telecomunicaciones presentadas en los capítulos anteriores como lo es internet y de la especial problemática que existe para acceder a estos en edificaciones verticales, sumado a las inigualables características que la tecnología PLC presenta; se propone el diseño de una red LAN basada en la tecnología PLC que permita compartir el acceso a Internet.

El acceso a Internet será conseguido inicialmente a partir de la tecnología comercial tipo ADSL ya que aun en nuestro país no se tiene un despliegue con tecnología PLC Outdoor o cabeceras PLC, sin embargo estimo que en el futuro se podrá aplicar la tecnología PLC desde la subestación y brindar el servicio de acceso de una forma similar como se va realizando en otro país Sudamericano. La red de acceso llegará físicamente a algún punto de fácil y cómoda instalación y mediante la tecnología PLC se podrá inyectar la señal a la distribución eléctrica de la edificación (Figura 11), de esta forma cada punto eléctrico, será un punto potencial de acceso a internet (Figura 12).



**Figura 11:** Topología propuesta para compartir acceso a internet

Nótese que la computadora ubicada en el primer piso de la gráfica superior hace uso de un Adaptador PLC, sin embargo al estar cerca del Router podría prescindir de este ya que tiene más de un puerto de red, conectándose a este directamente.



**Figura 12:** Grafica de los puntos de alimentación que serán puntos de acceso

Además de la topología presentada se podría disponer opcionalmente de la tecnología Wi-Fi para extender aun más el rango de cobertura o para extender la señal de un edificio a otro. Todo esto claro con un decremento en el ancho de banda de la conexión individual de cada usuario, al aumentar de número de usuarios total de la conexión compartida.

En los casos de edificios de gran altura, puede ocurrir que la señal llegue sin problemas hasta cierto punto, pero que la degradación de la señal, dificulte el acceso en niveles superiores, situación similar puede ocurrir en edificios con topologías de distribución eléctrica complicadas, esta dificultad se da en ambos casos por emplear distancias mayores de cableado a las soportadas por los adaptadores y que son especificadas en sus características técnicas. Como solución se podrá emplear un adaptador PLC de alguno de los clientes configurado como un repetidor para el resto de usuarios con dificultades en el acceso.

### **3.2 ANALISIS DE COSTO**

La información presentada en el primer capítulo deja clara la necesidad de buscar alternativas eficientes y económicas en el acceso y la propuesta que se plantea presenta una manera de ofrecer un producto que permita el acceso con estas características, es por eso que su viabilidad y aceptación estarían aseguradas.

El mercado ya ofrece productos con la tecnología PLC y aproximadamente el costo de un par de adaptadores PLC es de entre S/. 60 y S/.80. El costo del servicio de acceso varía de acuerdo a los planes ofrecidos, y se presentan algunos ejemplos en la tabla 3 y 4.



PLAN	PRECIO 3 PRIMEROS MESES	VELOCIDAD	PRECIO REGULAR
Speedy DUO	S/.69 (Internet+ línea fija)	4Mbps	S/. 89
Speedy DUO	S/.99 (Internet+ línea fija)	8Mbps	S/. 129
Speedy TRIO	S/.69 (Internet+ Tv+telefono)	2Mbps	S/. 129

**Tabla 2:** Costo de Servicio Movistar



PLAN	VELOCIDAD	PRECIO REGULAR
Internet 2000Kbps	2Mbps	S/. 68
Internet 4000Kbps	4Mbps	S/. 88
Internet 8000Kbps	8Mbps	S/. 118

**Tabla 3:** Costo de servicio Claro

Como ya se ha mencionado la propuesta debe ser económica, esto se da al estar compartido el acceso y por consiguiente el pago por el servicio de acceso entre los usuarios de la conexión. Por ejemplo si en una edificación, se tienen 4 personas distribuidas en los 3 primeros pisos que están de acuerdo en adoptar la propuesta, y en nuestro caso disponemos del servicio DUO MOVISTAR SPEEDY de 4Mbps, el costo mensual es de S/.89 teniendo en cuenta que la promoción de este servicio nos reduce por los 3 primeros meses a un pago mensual de S/.69.

Entonces para cada usuario:

Le corresponde 1Mbps (downstream) → Por el precio de S/.23 (aprox.)

Esto significa poder acceder a un “nuevo plan” con un menor costo, un costo que definitivamente es atractivo y que no afectaría la economía del hogar y si bien es cierto el usuario paga menos y recibe menos en determinados momentos del día. No obstante todos los usuarios están usando el servicio o no todos se encuentran descargando información, esto significa que en el usuario tendrá más del ancho de banda que del que paga.

Entonces, dado que sin esta propuesta normalmente el usuario debería pagar un costo de S/.89 se está dejando de pagar aproximadamente S/.66. Luego, como se

han supuesto 4 usuarios sería necesario adquirir un Adaptador PLC por cada usuario. La inversión de 2 pares de PLC consta de S/. 120.

En conclusión se tendría el siguiente análisis de costo, inversión y ganancia:

### **3.2.1 PROPUESTA N°1:**

Teniendo en cuenta los 4 usuarios, con un pago de S/.23 mensuales los 3 primeros meses de promoción se obtendrá un total de S/.92 por mes.

<b>USUARIOS</b>	<b>1er Mes</b>	<b>2do Mes</b>	<b>3er Mes</b>
<b>Usuario 1</b>	S/. 23	S/. 23	S/. 23
<b>Usuario 2</b>	S/. 23	S/. 23	S/. 23
<b>Usuario 3</b>	S/. 23	S/. 23	S/. 23
<b>Usuario 4</b>	S/. 23	S/. 23	S/. 23
<b>TOTAL</b>	S/. 92	S/. 92	S/. 92

**Tabla 4:** Recaudación mensual de los usuarios

El costo del servicio total será de S/.69 mensuales por la promoción de los 3 primeros meses que nos ofrece la empresa, obteniendo una ganancia de S/. 23.

	<b>1er Mes</b>	<b>2do Mes</b>	<b>3er Mes</b>	
<b>Recaudado de los 4 usuarios</b>	S/. 92	S/. 92	S/. 92	
<b>Costo mensual del Servicio</b>	S/. 69	S/. 69	S/. 69	
<b>Ganancia</b>	S/. 23	S/. 23	S/. 23	S/. 69

**Tabla 5:** Ganancia Mensual de los 3 primeros meses

- **Inversión de los adaptadores** = S/.120
- **Ganancia a 3 primeros meses** = S/.69
- **Ganancia Total** = S/. 69 – S/.120 = - S/. 51

### **Conclusión:**

Esta ganancia negativa nos explica que el precio de la inversión de los adaptadores que en principio fue de S/. 120 se redujo a S/.51 soles recuperando en 3 meses la cantidad de S/.69.

Esos S/.51 se repartirán entre los 4 usuarios como un coste de adquisición de los adaptadores que son de su propiedad, reduciéndose a S/. 12.76 de inversión por usuario. Lo que demuestra una propuesta muy equitativa y barata con respecto a precios en inversión.

Si se desea ver como una propuesta de negocio que es lo más sustancioso para alguien que desee sacar el máximo provecho entonces el siguiente análisis corresponde a la propuesta N°2 que se presenta a continuación:

### **3.2.2 PROPUESTA N° 2:**

Teniendo en cuenta la misma cantidad de usuarios a repartir el servicio de internet (4 usuarios) la única diferencia sería en el costo de recaudación por usuario, donde se tendría que elevar de S/.2 a S/.8 del precio base para no superar los S/.30 mensuales. Tomando como ejemplo un aumento de S/. 5 soles ahora cada usuario pagaría S/.28 mensuales, teniendo la siguiente tabla.

<b>USUARIOS</b>	<b>1er Mes</b>	<b>2do Mes</b>	<b>3er Mes</b>
<b>Usuario 1</b>	S/. 28	S/. 28	S/. 28
<b>Usuario 2</b>	S/. 28	S/. 28	S/. 28
<b>Usuario 3</b>	S/. 28	S/. 28	S/. 28
<b>Usuario 4</b>	S/. 28	S/. 28	S/. 28
<b>TOTAL</b>	S/. 112	S/. 112	S/. 112

**Tabla 6:** Recaudación mensual de los usuarios.

El costo del servicio total será de S/.69 mensuales por la promoción de los 3 primeros meses que nos ofrece la empresa, obteniendo una ganancia de S/. 43 por mes.

	1er Mes	2do Mes	3er Mes	
<b>Recaudado de los 4 usuarios</b>	S/. 112	S/. 112	S/. 112	
<b>Costo mensual del Servicio</b>	S/. 69	S/. 69	S/. 69	
<b>Ganancia</b>	S/. 43	S/. 43	S/. 43	S/. 129

**Tabla 7:** Ganancia mensual de los 3 primeros meses

- **Inversión de los adaptadores** = S/. 120
- **Ganancia a 3 primeros meses** = S/.129
- **Ganancia Total** = S/.129 – S/.120 = + S/.9

**Conclusión:**

Ahora la ganancia tiende a ser positiva, lo que nos muestra que en los 3 primeros meses hemos recuperado la inversión de los adaptadores y además se obtuvo una ganancia de S/.9.

A partir del 4to mes en adelante el precio del servicio de internet regresa a S/. 89 lo que obtendríamos la siguiente tabla con una ganancia de S/.23 mensuales.

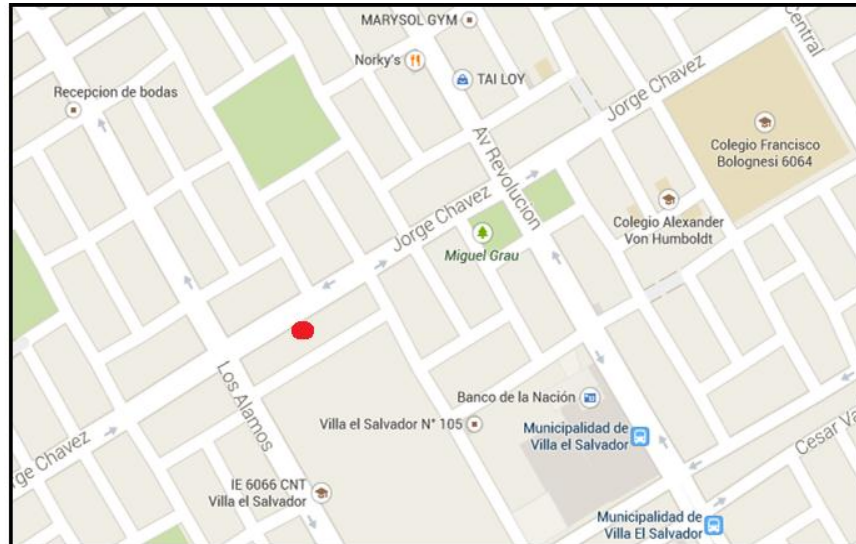
	4to Mes	5to Mes	6to Mes
<b>Recaudado de los 4 usuarios</b>	S/. 112	S/. 112	S/. 112
<b>Costo mensual del Servicio</b>	S/. 89	S/. 89	S/. 89
<b>Ganancia</b>	S/. 23	S/. 23	S/. 23

**Tabla 8:** Nueva Ganancia mensual

Similarmente el cálculo se puede realizar si se eligiese otro plan u otra empresa que brinde acceso de banda ancha.

### 3.3 DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL MODELO DE RED LAN PLC

Este diseño para su implementación se desarrollara, tomando como modelo un local ubicado en la Av. Jorge Chávez sector 2 grupo 15 Manzana L, lote 9 del distrito de villa el salvador.



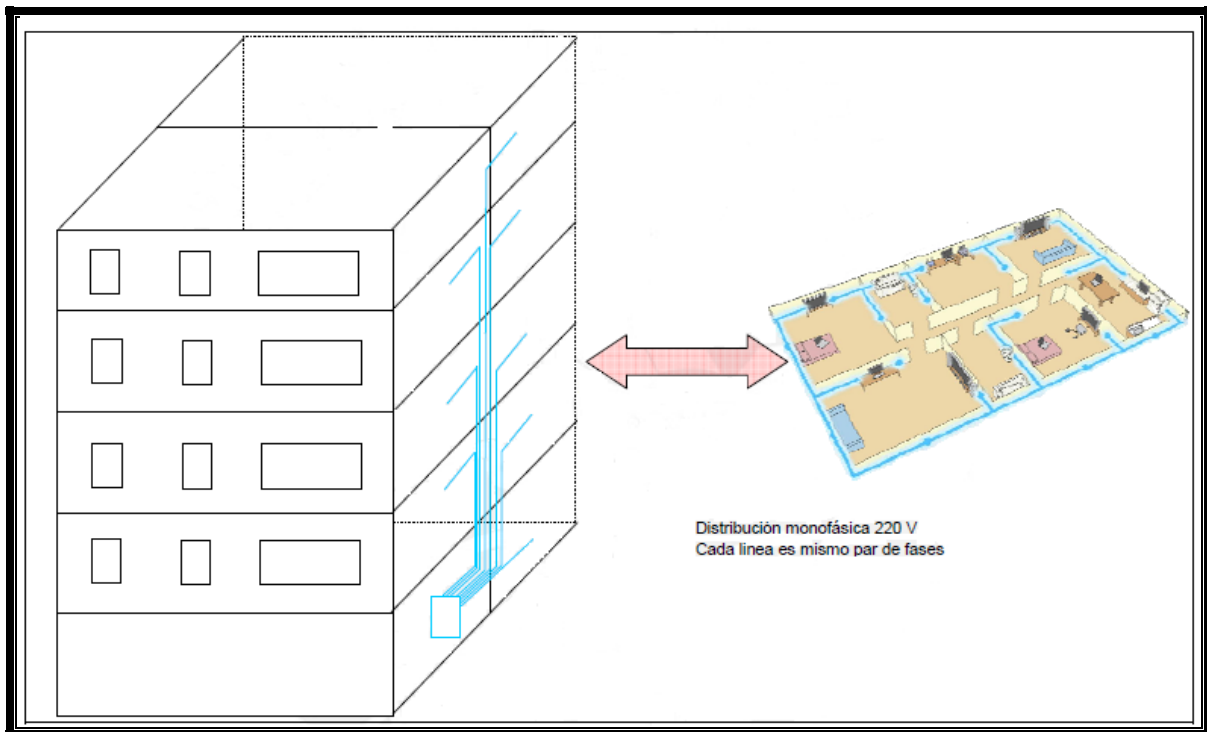
**Figura 13:** Mapa de Ubicación



**Figura 14:** Edificio de Pruebas



- a) **Reconocimiento de la Red Eléctrica:** Se identifica una distribución monofásica, comprobándose que todos los puntos a conectar son alimentados por el mismo par de fases. Una inspección ocular así mismo descarta la presencia de cualquier dispositivo que pueda significar una fuerte fuente de ruido, es decir mayor nivel ya presente por los dispositivos usuales. Así mismo es una zona urbana y no existe zona industrial cercana (ver plano).



**Figura 15:** Distribución Eléctrica

- b) **Selección de la tecnología de acceso de servicio:** El edificio tiene conexión de derivación (Figura 8). Dado que un usuario del piso 2 ya cuenta con el servicio de ADSL (Kit Router Speedy: ZTE ZXHN H108N), se usará este como acceso a Internet y desde este punto se inyectará la señal PLC. En este nivel el Router mencionado sustituirá a un repetidor PLC que estaría conectado a nuestro medidor eléctrico y a su vez hacia una cabecera de PLC que se encontraría en los postes.

- c) **Instalación de equipos:** Para inyectar y extraer la señal se utilizarán los adaptadores PLC TL-PA2010 de la marca TP-Link. Los adaptadores usados cumplen con la norma Homeplug AV y con una tasa de transferencia de 200Mbps. Para las pruebas se usará una computadora personal LG y una computadora portátil Toshiba para poder desplazarse con facilidad de piso a piso.

### 3.3.1 PASOS EN LA INSTALACION:

- 1) Primero se tomara 1 adaptador de PLC donde uno de sus extremos se llevara a conectar a un punto de toma de corriente cercano y el otro extremo a un puerto Ethernet del Router ZTE ZXHN H108N. A partir de este punto eléctrico se inyectara la señal de internet a la línea eléctrica.



**Figura: 16:** Inyección de la señal de internet en la línea eléctrica desde el router.

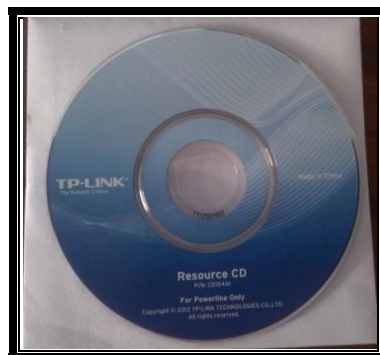
- 2) El segundo paso consiste en enchufar los demás adaptadores de PLC en la toma eléctrica y a su vez estas se conectarán por su otro extremo a cualquier otro dispositivo de red, en este caso se usará una laptop para poder desplazarse a distintos puntos de extracción de la señal.

- 3) El tercer paso consistirá en el emparejamiento de los adaptadores de PLC, aquí se usara la opción “pair” del dispositivo, que consiste en un barrido de detección hacia todos los adaptadores PLC conectados a la red eléctrica que se emparejaran con el 1er Adaptador PLC que inyecta la señal de internet. De esta manera los adaptadores repartidos en los distintos pisos podrán extraer la señal de internet y a su vez conectarse en Red local.



**Figura 17:** Emparejamiento y extracción de la señal

- 4) El siguiente paso consistirá en la instalación de un software aplicativo llamado “Powerline Utility” para la configuración de nuestra red LAN y los sistemas de seguridad que tendremos a disposición.

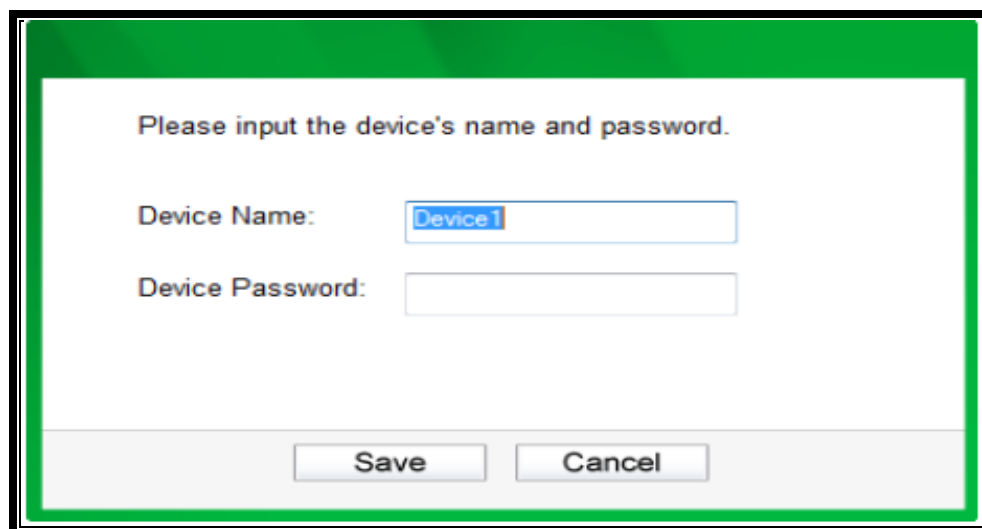


**Figura 18:** Software Aplicativo

Dentro del programa nosotros encontraremos con 3 opciones: Status, Network y System. Nos vamos a la opción Network, y ahí nos mostrara el adaptador donde nos encontramos conectados con la dirección MAC del dispositivo y la velocidad de conexión. A su mano derecha encontraremos la opción Modify que nos permitirá elegir un nombre y una contraseña.



**Figura 19:** Información del dispositivo conectado



**Figura 20:** Elección de un nombre y contraseña

Una vez ingresado los datos del nombre y contraseña, nosotros podremos administrar que dispositivos estarán habilitados para tener acceso a la red o también nos permite agregar más dispositivos de PLC que no estuvieron emparejados en el paso 3. Aparte de esto el dispositivo PLC nos ofrece una encriptación de AES de 128 bits contra ataques de fuerza bruta o sea  $3.4 \times 10^{38}$  combinaciones posibles para el password de nuestra red.

Tan sólo consideremos lo siguiente. La supercomputadora más rápida (según Wikipedia): presenta 10.51 Petaflops =  $10.51 \times 10^{15}$  Flops (donde los Flops son operaciones de punto flotante por segundo). Número de Flops requeridos por cada combinación posible: 1000 (siendo muy optimistas, pero considerémoslo por ahora).

- Cantidad de combinaciones por segundo =  $\frac{(10.51 \times 10^{15})}{1000} = 10.51 \times 10^{12}$
- Cantidad de segundos en un año =  $365 \times 24 \times 60 \times 60 = 31536000$  segundos.
- Cantidad de años necesarios para crackear AES con una clave de 128 bits:

$$= (3.4 \times 10^{38}) / [ (10.51 \times 10^{12}) \times 31536000 ]$$

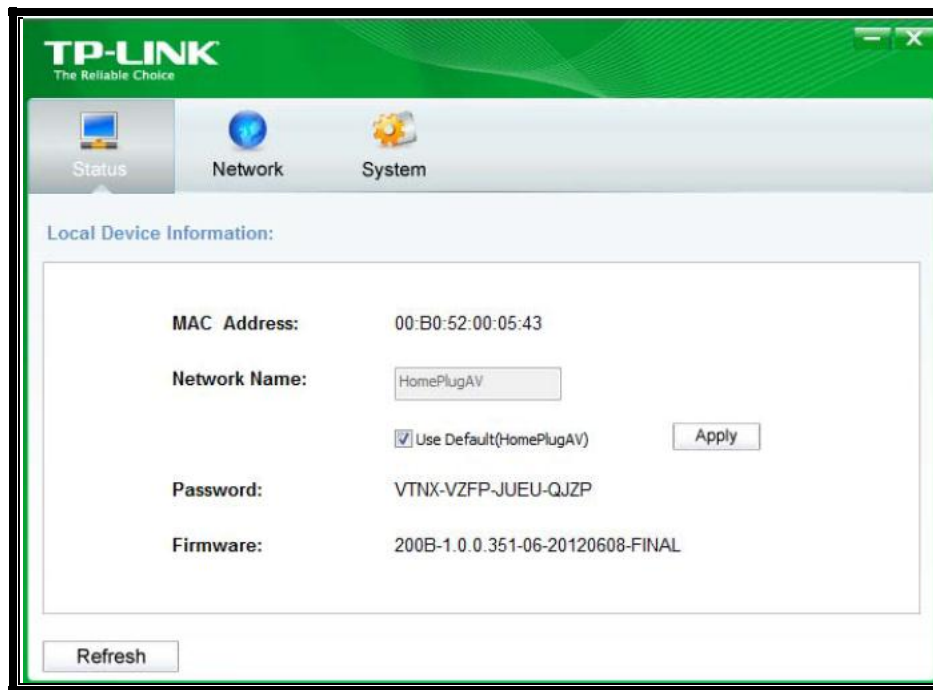
$$= (0.323 \times 10^{26}) / 31536000$$

$$= 1.02 \times 10^{18}$$

$$= 1 \text{ millón de billones de años}$$

Como se muestra arriba, inclusive con una supercomputadora, tomaría un millón de billones de años descifrar algo encriptado con AES-128 usando fuerza bruta.

**5)** Y Por último nos vamos a la opción Status, aquí encontraremos por ejemplo la dirección MAC de nuestro adaptador y tendremos la opción de poder dar un nombre a nuestra red privada, también veremos la contraseña que se encuentra encriptada y el firmware donde nos muestra la versión del software que usa el dispositivo.



**Figura 21:** Información del estado de la Red

### **3.3.2 PRUEBAS DE CONEXIÓN:**

Una vez instalado y configurado los equipos pasamos a la pruebas de conexión para demostrar que todos los puntos de toma eléctrica están habilitados para extraer la señal de internet.

- a) Vamos a conocer la dirección IP de los host involucrados en este caso será la PC y la computadora portátil. Usaremos la consola CMD y el comando Ipconfig para averiguarlo.

**IPv4 Address de la PC:** 192.168.1.9

**Mascara de Subred:** 255.255.255.0

**IPv4 Address de la Laptop:** 192.168.1.40

**Mascara de subred:** 255.255.255.0

```

C:\ Símbolo del sistema
Configuración IP de Windows

Adaptador de Ethernet Conexión de área local:

Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::74d7:1c32:d0ab:c46f%10
Dirección IPv4. . . . . : 192.168.1.9
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : fe80::1%10
                                           192.168.1.1

Adaptador de túnel isatap.<5897756B-DE79-46BB-87D3-18D0A1279C46>:

Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de túnel Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Dirección IPv6 . . . . . : 2001:0:5ef5:79fb:7c:2409:3f57:fef6
Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::7c:2409:3f57:fef6%11
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : ::

C:\Users\JOSEPH>

```

Figura 22: Dirección IP de la PC

```

C:\ Símbolo del sistema
Configuración IP de Windows

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de área local* 3:

Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de Ethernet Ethernet:

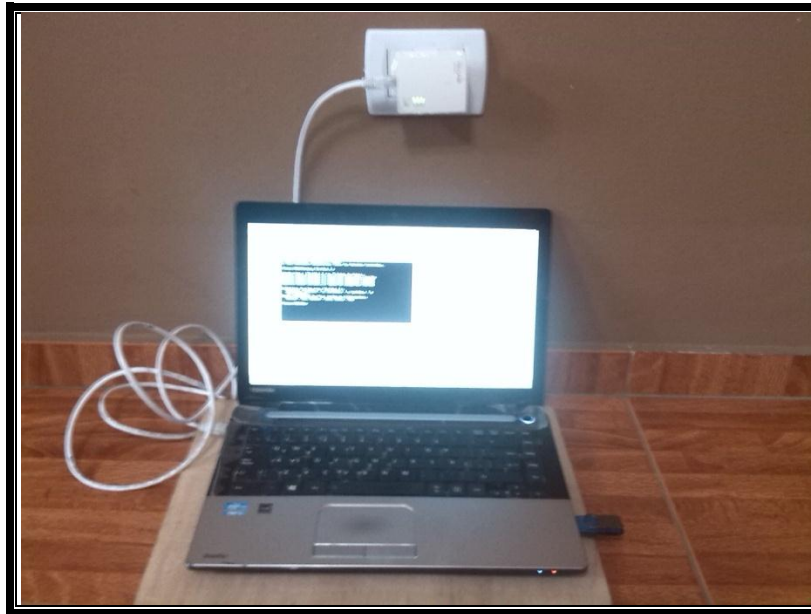
Sufijo DNS específico para la conexión. . . : homestation
Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::80c:c102:6bc:e26f%4
Dirección IPv4. . . . . : 192.168.1.40
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : fe80::1%4
                                           192.168.1.1

```

Figura 23: Dirección IP de la Laptop

- b) La PC se encontrara en el 2do Piso y comenzaremos con las pruebas de conexión desde el 1er piso con la computadora portátil.

**Prueba en el 1er Piso:**



**Figura 24:** Laptop conectada en una toma eléctrica del 1er piso

Ahora usaremos el comando Ping en nuestra consola CMD, este comando enviara paquetes ICMP a otro equipo conectado en red, en este caso a nuestra PC ubicada en el 2do piso con dirección IP 192.168.1.9, si los paquetes llegan completamente entonces se demostrara que los dos host esta conectados en Red local.

```
C:\Users\ORAICA>ping 192.168.1.9
```

Haciendo ping a 192.168.1.9 con 32 bytes de datos:

```
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo<15ms TTL=128
```

```
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
```

```
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo<5ms TTL=128
```

```
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo<4ms TTL=128
```

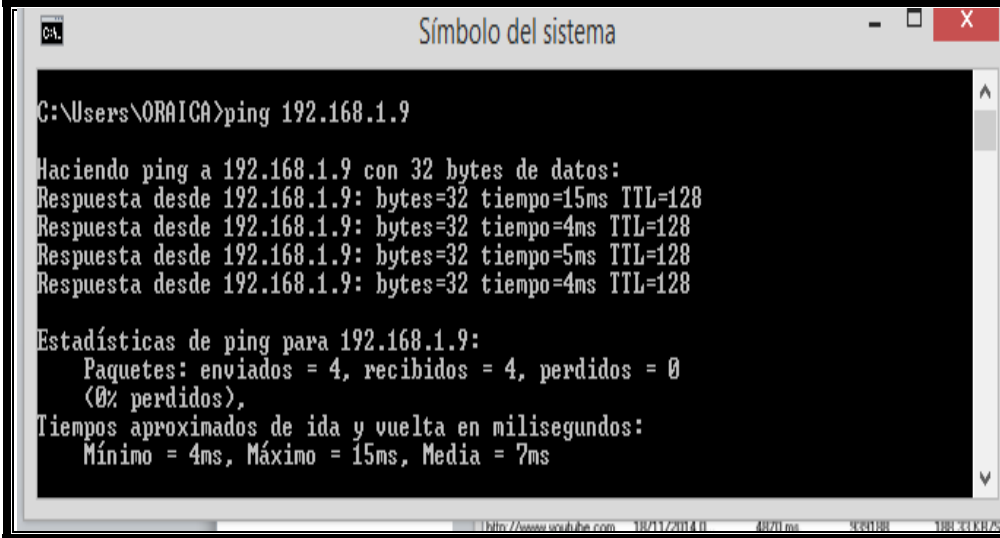


Estadísticas de ping para 192.168.1.9:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0  
(0% perdidos),

Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:

Mínimo = 4ms, Máximo = 15ms, Media = 7ms



```
C:\Users\ORAICA>ping 192.168.1.9

Haciendo ping a 192.168.1.9 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=15ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.9:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 4ms, Máximo = 15ms, Media = 7ms
```

**Figura 25:** Ping hacia la PC del segundo piso

Todos los paquetes enviados fueron recibidos por la PC del segundo piso por tanto se demuestra la conexión de red LAN. Ahora realizaremos la prueba de conexión a internet usando el comando ping hacia un servidor cualquiera, en este caso a [www.google.com](http://www.google.com).

C:\Users\user>ping www.google.com

Haciendo ping a www.google.com [64.233.176.94] con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=102ms TTL=44

Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=111ms TTL=44

Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=103ms TTL=44

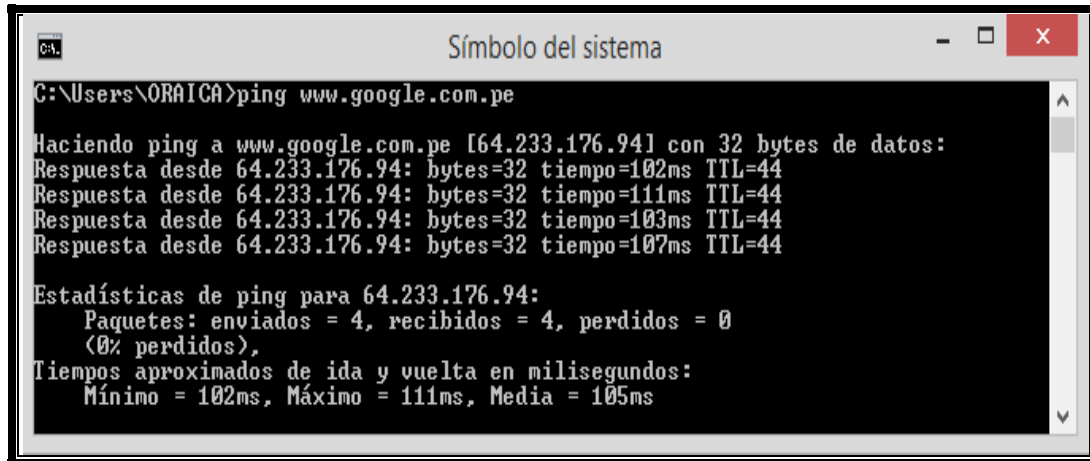
Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=107ms TTL=44

Estadísticas de ping para 64.233.176.94:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0  
(0% perdidos),

Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:

Mínimo = 102ms, Máximo = 111ms, Media = 105ms



```
C:\Users\ORAICA>ping www.google.com.pe

Haciendo ping a www.google.com.pe [64.233.176.94] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=102ms TTL=44
Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=111ms TTL=44
Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=103ms TTL=44
Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=107ms TTL=44

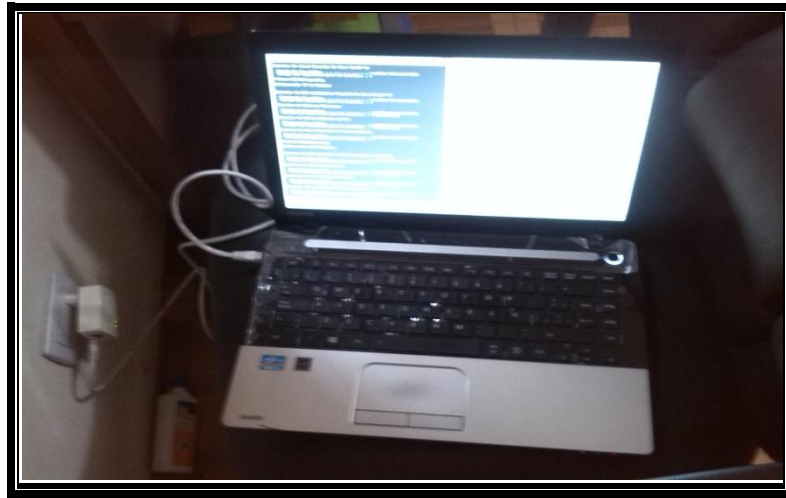
Estadísticas de ping para 64.233.176.94:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 102ms, Máximo = 111ms, Media = 105ms
```

**Figura 26:** Ping hacia el servidor de Google

Los paquetes enviados desde la laptop fueron recibidos por el servidor de Google, por lo tanto se demuestra que tenemos conexión a internet desde el 1er piso. De forma similar se hará la prueba en los siguientes pisos.

### **Pruebas en el 2do piso:**

En el segundo piso se harán las mismas pruebas de Red y conexión a internet, cabe señalar que en este piso se inyectó la señal internet a través del PLC configurado en un principio.



**Figura 27:** Laptop conectada a una toma eléctrica en el 2do piso

Ping hacia la PC con dirección IP: 192.168.1.9

```
C:\Users\ORAICA>ping 192.168.1.9
```

Haciendo ping a 192.168.1.9 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128

Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128

Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128

Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128

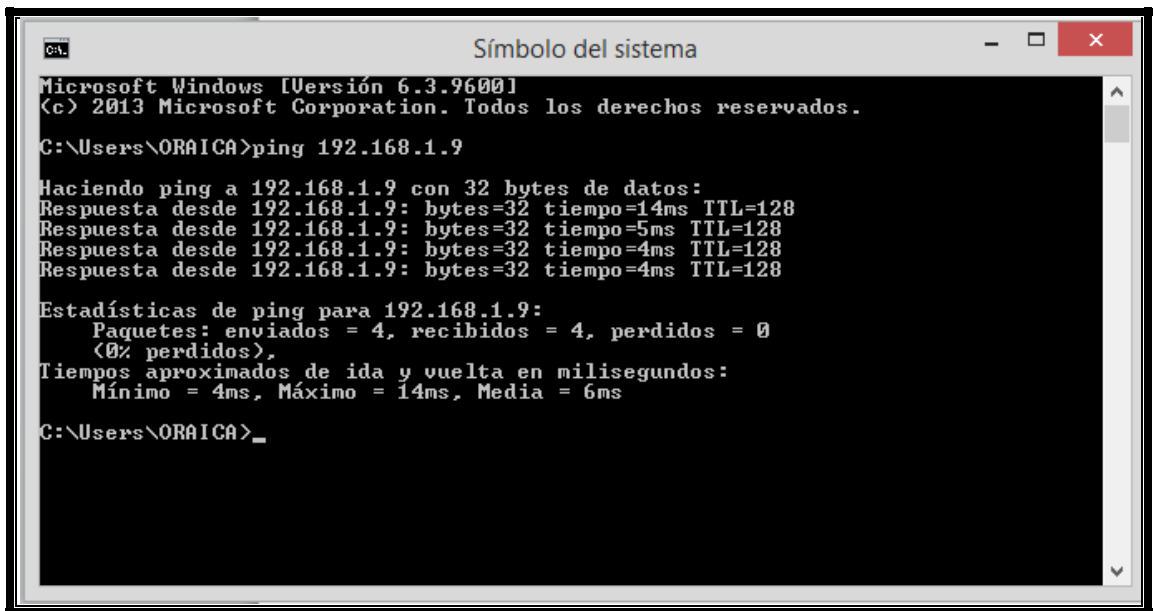
Estadísticas de ping para 192.168.1.9:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0

(0% perdidos),

Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:

Mínimo = 4ms, Máximo = 14ms, Media = 6ms



```
C:\Users\ORAICA>ping 192.168.1.9

Haciendo ping a 192.168.1.9 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.9:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 4ms, Máximo = 14ms, Media = 6ms

C:\Users\ORAICA>
```

**Figura 28:** Ping hacia la PC ubicada en el 2do piso

Ahora se hace un ping hacia el servidor de [www.google.com.pe](http://www.google.com.pe) para demostrar que tenemos conexión con internet en el 2do piso.

```
C:\Users\ORAICA>ping www.google.com.pe
```

Haciendo ping a www.google.com.pe [64.233.176.94] con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=102ms TTL=44

Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=102ms TTL=44

Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=105ms TTL=44

Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=104ms TTL=44

Estadísticas de ping para 64.233.176.94:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0

(0% perdidos),

Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:

Mínimo = 102ms, Máximo = 105ms, Media = 103ms



```
C:\Users\ORAIICA>ping www.google.com.pe

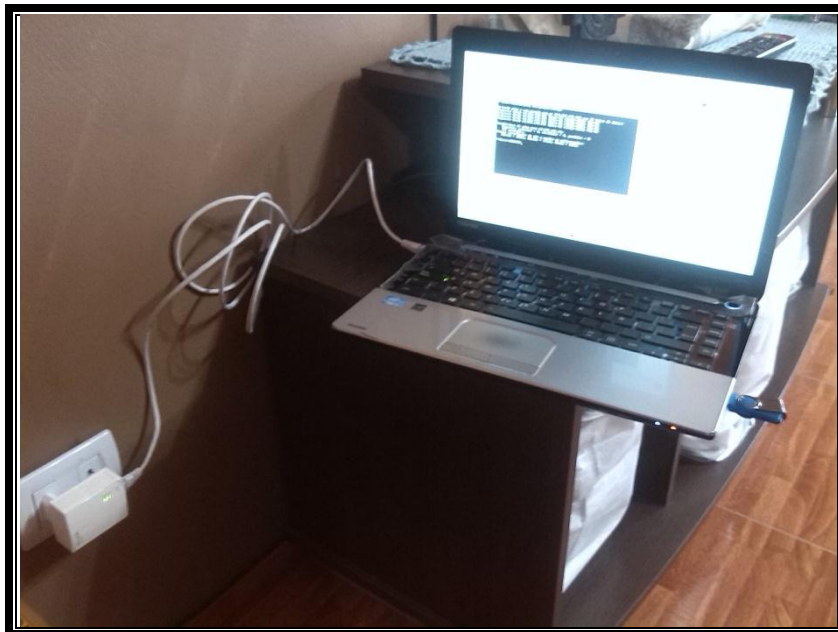
Haciendo ping a www.google.com.pe [64.233.176.94] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=102ms TTL=44
Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=102ms TTL=44
Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=105ms TTL=44
Respuesta desde 64.233.176.94: bytes=32 tiempo=104ms TTL=44

Estadísticas de ping para 64.233.176.94:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 102ms, Máximo = 105ms, Media = 103ms
```

**Figura 29:** Ping hacia el servidor de Google

Se observa que los paquetes enviados al servidor llegaron correctamente y queda demostrado que en el segundo piso existe conexión de red LAN e internet.

**Pruebas en el 3er piso:**



**Figura 30:** Laptop conectada a una toma eléctrica del 3er piso

Haremos ping hacia la PC ubicada en el 2do piso con dirección IP: 192.168.1.9 para ver su conexión de red Local.

```
C:\Users\ORAICA>ping 192.168.1.9
```

Haciendo ping a 192.168.1.9 con 32 bytes de datos:

```
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128
```

```
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
```

```
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
```

```
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
```

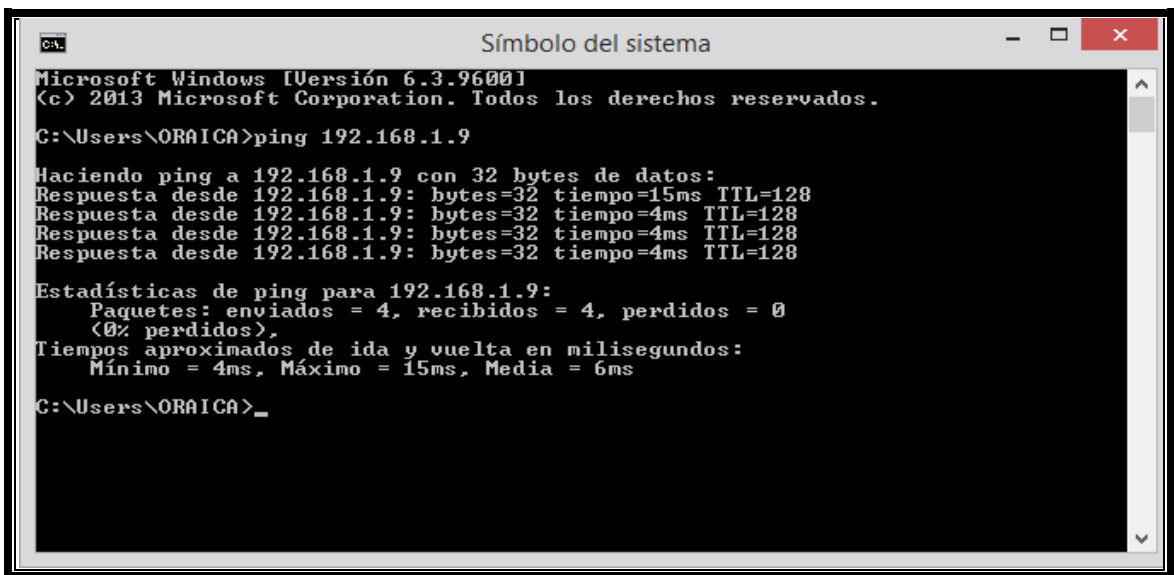
Estadísticas de ping para 192.168.1.9:

```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
```

```
(0% perdidos),
```

Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:

```
Mínimo = 4ms, Máximo = 14ms, Media = 6ms
```



```
Microsoft Windows [Versión 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\ORAICA>ping 192.168.1.9

Haciendo ping a 192.168.1.9 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=15ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.9: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.9:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 4ms, Máximo = 15ms, Media = 6ms

C:\Users\ORAICA>_
```

**Figura 31:** Ping hacia la PC ubicada en el segundo piso

Ahora haremos Ping hacia un servidor para comprobar el acceso a internet, en este caso usaremos la dirección: www.youtube.com.

```
C:\Users\ORAICA>ping www.youtube.com
```

Haciendo ping a youtub-ui.l.google.com [173.194.125.69] con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 173.194.125.69: bytes=32 tiempo=91ms TTL=55

Respuesta desde 173.194.125.69: bytes=32 tiempo=199ms TTL=55

Respuesta desde 173.194.125.69: bytes=32 tiempo=223ms TTL=55

Respuesta desde 173.194.125.69: bytes=32 tiempo=227ms TTL=55

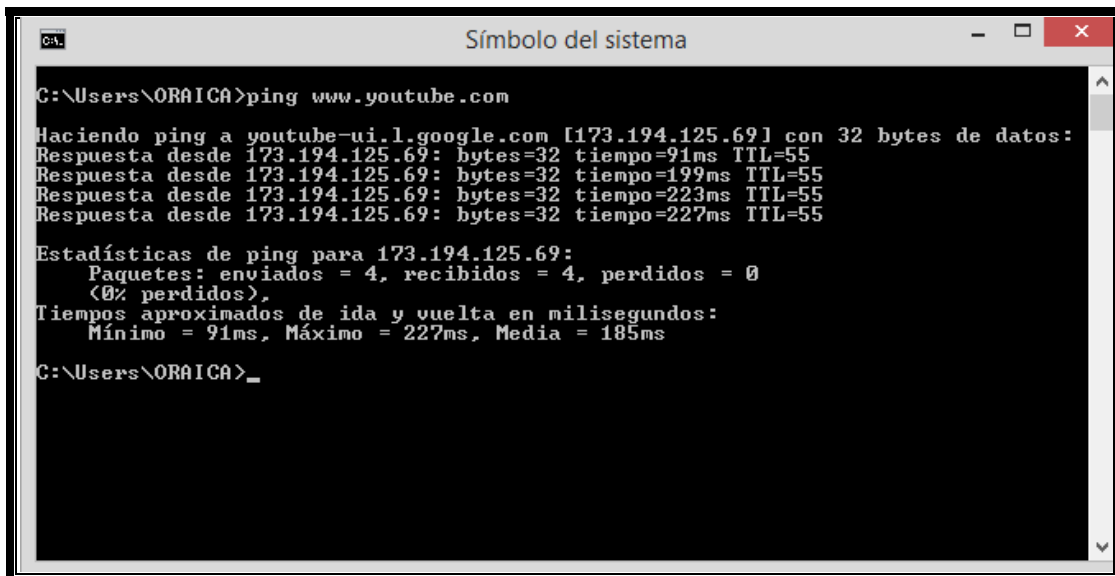
Estadísticas de ping para 173.194.125.69:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0

(0% perdidos),

Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:

Mínimo = 91ms, Máximo = 227ms, Media = 185ms



```
Símbolo del sistema
C:\Users\ORAICA>ping www.youtube.com
Haciendo ping a youtub-ui.l.google.com [173.194.125.69] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 173.194.125.69: bytes=32 tiempo=91ms TTL=55
Respuesta desde 173.194.125.69: bytes=32 tiempo=199ms TTL=55
Respuesta desde 173.194.125.69: bytes=32 tiempo=223ms TTL=55
Respuesta desde 173.194.125.69: bytes=32 tiempo=227ms TTL=55

Estadísticas de ping para 173.194.125.69:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 91ms, Máximo = 227ms, Media = 185ms

C:\Users\ORAICA>_
```

**Figura 32:** Ping hacia el servidor de Youtube

### **3.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS**

En las pruebas que se realizaron, un recurso que se uso fue la consola cmd, y en ella algunos comandos para tener información, como por ejemplo las direcciones IP (“Ipconfig”) de los hosts involucrados para confirmar la conexión en red. El siguiente comando usado fue el “ping” que nos permitió comprobar esa conexión entre los equipos y además confirmar que desde cada punto de acceso podíamos tener una conexión a internet.

La información que nos presenta el comando “ping” es muy valiosa, en ella nosotros podemos observar la dirección del Host de destino y el envío de paquetes ICMP. Desde la laptop se enviaran 4 paquetes de 32 Bytes hacia la PC que se encuentra en el 2do piso con dirección IP: 192.168.1.9.

Para evitar que una petición ping viaje de forma ilimitada por internet, en cada una de ellas se establece un Time To Live (TTL), que representa el número de saltos que ha dado el paquete de host en host por internet hasta alcanzar su destino. En la parte final nos muestra una estadística del ping enviado, donde se observa que en todos los casos el ping ha sido satisfactorio, los cuatro paquetes de prueba han llegado correctamente y ningún paquete se ha perdido por tanto los paquetes han vuelto a nuestro ordenador. Además nos indica los tiempos aproximados en milisegundos que demora esta operación en ida y vuelta, el tiempo Máximo, el tiempo mínimo y el tiempo promedio.

De forma similar para comprobar la conexión a internet se usó el comando ping, pero con la diferencia que el destinatario no será un hosts, sino un servidor. Para las pruebas se usaron 3 servidores:

[www.goggle.com](http://www.goggle.com) con dirección IP: 64.233.176.94 para el 1er piso.

[www.google.com.pe](http://www.google.com.pe) con dirección IP: 64.233.176.94 para el 2do piso.

[www.youtube.com](http://www.youtube.com) con dirección IP: 173.194.125.69 para el 3er piso.



Los paquetes ICMP enviados a los servidores, también fueron enviados y recibidos correctamente lo que nos demostró que en los 3 pisos que se realizó la prueba todos los puntos de toma de corriente están habilitados para tener acceso a internet.

Y Para poder observar la velocidad de internet con que se transmite por cada adaptador PLC, ingresamos a nuestro aplicativo "Powerline Utility" en la opción Network y observaremos a todos los dispositivos conectados con su respectiva velocidad de conexión. Cabe recordar que nosotros tenemos una velocidad de 4Mbps que la empresa nos ofrece y aproximadamente estaríamos repartiendo 1Mbps a cada usuario.



The screenshot shows the TP-LINK Powerline Utility interface. At the top, there are three tabs: Status, Network (selected), and System. Below the tabs, there is a section titled "Remote Devices:" containing a table with the following data:

Type	Name	Mac Address	Password	Rate	Option
PLC	Device1	00:B0:52:00:05:29		0.99 Mbps	Modify
PLC	Device2	C0:4A:00:41:61:19		0.96 Mbps	Modify
PLC	Device3	00:B0:52:00:05:26		0.97 Mbps	Modify
PLC	Device4	C0:4A:00:41:61:1A		0.93 Mbps	Modify

At the bottom of the interface, there are two buttons: "Rescan" and "Add".

**Figura 33:** Velocidades de transferencia de internet por adaptador

## **CONCLUSIONES**

- Ante la falta de competitividad en el mercado por ofrecer mejores servicios y a un menor costo, nos vemos en la necesidad de diseñar y desarrollar nuevas formas de acceso, a internet, que sobre todo reduzcan el costo y otorguen una buena velocidad de transferencia como hemos demostrado a través de la tecnología PLC.
- La implementación de la red es sencilla así como su administración, todo esto nos ofrece con el software “Powerline Utility” donde tendremos el control a nuestra disposición para poder agregar o quitar dispositivos de PLC conectados a nuestra red eléctrica.
- En la parte estética los dispositivos de PLC nos ofrecen una obvia ventaja con respecto a la tecnología Ethernet, que las empresas de servicios de telecomunicaciones nos ofrecen ya que sustituye todo el cableado Ethernet que será distribuido hacia los departamentos o cuartos y esto incomoda muchas veces a los clientes, en cambio con los PLC usaremos el cable eléctrico que ya se encuentra tendido en nuestro domicilio.
- Los dispositivos PLC nos ofrecen una encriptación AES de 128 Bits contra ataques de fuerza bruta, lo que permitirá que nuestra red sea completamente segura ya que con esta encriptación es imposible tratar de crackear la contraseña de nuestra red.
- Con la tecnología PLC anulamos completamente las desventajas que nos ofrecen otras tecnologías como lo es wi-fi, porque de forma inalámbrica se corre el riesgo de robos de la señal, además en edificios la señal wi-fi comienza a degradarse ya sea por la distancia o por obstáculos que impiden que la señal se propague correctamente.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que al diseñar este método de acceso tenga en cuenta siempre los planes de servicio de acceso que nos ofrecen las empresas en el mercado, así como también la empresa que se los brinda. La elección dependerá de acuerdo a sus necesidades.
- En el momento de la implementación e instalación se recomienda que la persona que lo haga tenga conocimientos básicos en redes de comunicaciones o informática para poder resolver cualquier problema que se pueda presentar en el momento.
- Cuando los adaptadores ya estén habilitados, tenemos la facilidad de poder desconectarlos y volver a conectarlos en distintos puntos. Pero sobre todo se recomienda, no desconectar el adaptador que inyecta la señal desde el router porque tendríamos que volver a emparejar los adaptadores distribuidos.
- Se recomienda tener una contraseña de nuestra red privada para que pueda ser protegida por su sistema de encriptación, pero si no lo desea puede dejarlo sin password porque los dispositivos que han sido emparejados solo podrán tener acceso en red por lo que también se encuentran seguros, además se cuenta con la utilidad "Powerline Utility" donde podremos administrar los dispositivos conectados.
- Si una persona desea tener conexión wi-fi aparte de la señal inyectada por PLC, se recomienda activar esa opción que algunos adaptadores poseen y de esta manera podrá emitir de forma inalámbrica, esto es recomendable si no se cuenta con más adaptadores o también para extender mas el rango de la señal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Anckerman, Kevin. "Timed Power Data Communication", Universidad de Saskatchewan, Canada; 2005.
- 2) Batres, Ingrid Jessenia. "Consideraciones generales para transmisión de datos a través de la red eléctrica (PLC)" – Universidad de San Carlos de Guatemala, España; 2006.
- 3) García, Francisco. "Introducción a la tecnología PLC y Antena de Telecomunicación". Marzo, pp.19-23 España. 2005.
- 4) Orozco, Josué Roberto. "Tecnología Digital Power Line Carrier o transmisión de datos en banda ancha a través de la red eléctrica". Tesis Ing. Electrónica. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003.
- 5) Parra Encalada, Mariuxi Elizabeth. "Estudio y Diseño de una red Lan para voz y datos utilizando tecnología Power Line Communications (PLC) como alternativa al cableado estructurado para un edificio de oficinas" – Escuela Politécnica Nacional – Ecuador. 2008.
- 6) Pla Llopis, Luis y César Mariel Albert. "Power Line Communications". Tesis Escuela Técnica Politécnica de Valencia, España: 2003.
- 7) Riffo, Rodrigo Andrés. "Tecnología PLC: Propuesta de Conexión de banda ancha para un sector rural" – Universidad Austral de Chile, 2009.

- 8)** Escuela de Información y tecnologías de la información. Suecia Diciembre 2009. Powerline Carrier (PLC) Communication System.  
[http://www.it.kth.se/iw01\\_zkh](http://www.it.kth.se/iw01_zkh)
- 9)** Wikipedia la Enciclopedia libre. Power Line Communications. Modificada el 28 de Abril del 2014.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Power\\_line\\_communication](http://es.wikipedia.org/wiki/Power_line_communication)
- 10)** Tienda en línea Movistar. Promociones. Vigencia valida hasta 31 de diciembre del 2014.  
<http://www.movistar.com.pe/internet>
- 11)** Tienda en línea Claro. Promociones. Vigencia valida hasta el 31 de diciembre del 2014.  
<http://www.claro.com.pe/wps/portal/pe/sc/personas/internet/internet-fijo>
- 12)** Ministerio de Energías y Minas. Código Nacional de Electricidad. Lima 2006. Utilización.  
<http://intranet2.minem.gob.pe/web/cafae/Pdfs/CNE.PDF>

## ANEXOS

### **ANEXO 1: REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES NORMA EN REDES E INSTALACIÓN DE COMUNICACIONES**

#### **NORMA EC.040**

#### **REDES E INSTALACIONES DE COMUNICACIONES**

##### **Artículo 1º.- OBJETO**

Las redes e instalaciones de comunicaciones están vinculadas al desarrollo urbano y de aplicación en las edificaciones.

La presente Norma establece las condiciones que se deben cumplir para la implementación de las redes instalaciones de comunicaciones en habilitaciones urbanas.

Las redes e instalaciones de comunicaciones en habilitaciones urbanas está referida a toda aquella infraestructura de telecomunicaciones factible de ser instalada en el área materia de habilitación urbana.

El diseño e implementación de la infraestructura de telecomunicaciones para las habilitaciones urbanas deben observar las normas técnicas específicas que aprobará el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

##### **Artículo 2º.- ALCANCE**

La presente Norma es de carácter obligatorio para los solicitantes de una habilitación urbana, sean personas naturales o jurídicas y para los responsables de las instalaciones y/o construcción de la infraestructura de telecomunicaciones, así como para aquellos que realizan trabajos o actividades en general, que estén relacionadas con las instalaciones de infraestructura de telecomunicaciones.

La presente Norma se aplica a la implementación de las redes e instalaciones de comunicaciones en un área materia de habilitación urbana, considerando aspectos tales como los siguientes:

1. Diseño y construcción de los sistemas de ductos, conductos y/o canalizaciones subterráneas que permitan la instalación de las líneas de acometida desde los terminales de distribución hasta el domicilio del abonado.

2. Diseño e instalación de las cajas de distribución.

3. Diseño y construcción de canalizaciones y cámaras que permitan la instalación y empalmes necesarios de los cables de distribución.

4. Diseño y construcción de ductos, conductos y/o canalizaciones hasta la cámara de acometida.

5. Instalación de estaciones base y torres para antenas de servicios inalámbricos.

6. Instalaciones de postes, mampostería y elementos necesarios para la instalación de cables aéreos.

7. Toda red e instalaciones en comunicaciones en un área materia de habilitación urbana, en el caso que afecte la infraestructura vial del país deberá contar con la autorización de uso de derecho de vía proporcionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La infraestructura de telecomunicaciones, consideran los siguientes sistemas entre otros:

- Sistemas telefónicos fijos y móviles.
- Sistemas de telefonía pública.
- Sistemas radioeléctricos para enlaces punto a punto y punto a multipunto.
- Sistemas satelitales.
- Sistemas de procesamiento y transmisión de datos.
- Sistemas de acceso a Internet.
- Sistemas de Cableado alámbricos, inalámbricos u ópticos.
- Sistemas de radiodifusión sonora o de televisión.
- Sistemas de protección contra sobretensiones, y de puesta a tierra.
- Sistemas de distribución de energía para sistemas de telecomunicaciones.

La Municipalidad que apruebe el proyecto, autorice su ejecución y esté a cargo de la recepción de obra u otros actos administrativos para la habilitación urbana respectiva, tendrá la responsabilidad de velar que el proyecto cumpla con la presente Norma y las disposiciones que al respecto emita el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Las instalaciones existentes se adecuarán a la presente normativa en los aspectos relacionados con la seguridad de las personas y de la propiedad, para lo cual se tomará en cuenta las normas y recomendaciones del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, el Código Nacional de Electricidad y las normas que fueran pertinentes.

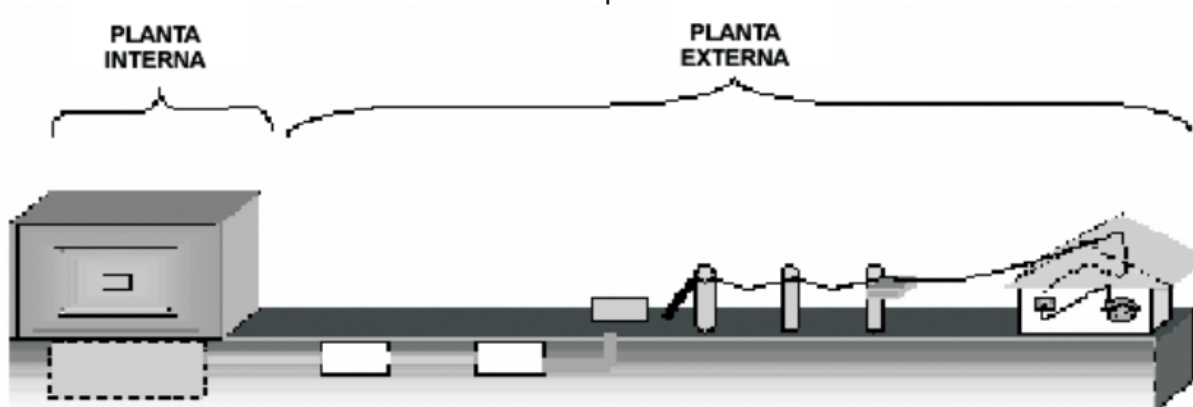
**Artículo 3º.- DEFINICIONES**

Para los propósitos de esta Norma y referidas a la infraestructura de telecomunicaciones se aplican las siguientes:

**INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES**  
Es el conjunto de elementos que hacen posible el sistema de comunicaciones. Tiene dos partes básicas

- planta interna
- planta externa.

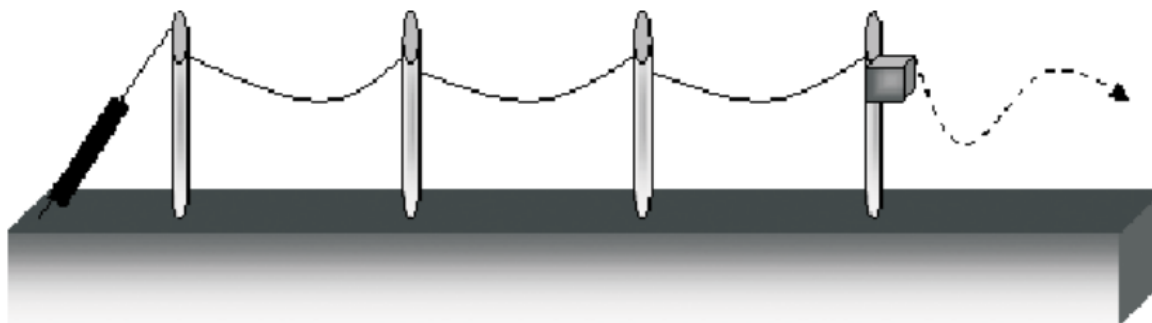
**PLANTA INTERNA:** Conjunto de equipos e instalaciones que se ubican dentro de la edificación que alberga la central, cabecera o nodo del servicio de telecomunicaciones.



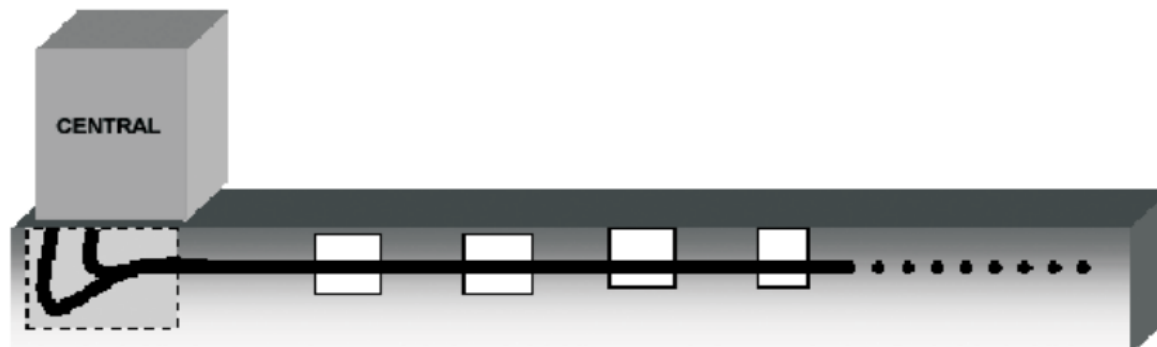
**PLANTA EXTERNA:** Conjunto de construcciones, cables, instalaciones, equipos y dispositivos que se ubican fuera de los edificios de la planta interna hasta el Terminal de distribución.

La planta externa podrá ser:

**AÉREA:** Cuando los elementos que conforman la planta externa están fijados en postes o estructuras.



**SUBTERRÁNEA:** Cuando los elementos que conforman la planta externa se instalan en canalizaciones, cámaras, ductos y conductos.



**LINEA DE ACOMETIDA:** Es el medio de conexión entre el aparato Terminal de abonado y el Terminal de distribución.

**TERMINAL DE DISTRIBUCIÓN:** Permite la conexión del cable de distribución con las líneas de acometida.

**CÁMARA:** Es la construcción a ejecutarse en el subsuelo, que albergará los empalmes, dispositivos o elementos de conexión de la red de telecomunicaciones, permitiendo además el cambio de dirección y distribución de los cables.

**CANALIZACIÓN:** Es la red de ductos que sirven para enlazar: dos cámaras entre sí, una cámara y un armario, una cámara y una caja de distribución, etc.

**CABECERA:** origen o punto de partida de un sistema de televisión por cable.

**CAJA DE DISTRIBUCIÓN:** Aloja el terminal de distribución y los dispositivos y equipos de la red de telecomunicaciones, proveyendo la seguridad y el espacio necesario para efectuar las conexiones de las líneas de acometida.

**CABLE DE DISTRIBUCIÓN:** Es aquel que alimenta a los terminales de distribución y está conectado a su vez a un armario de distribución.

**ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN:** Permite la conexión del cable de alimentación con los cables de distribución local. Sirve para dar alimentación a la urbanización a atender.

**CÁMARA DE ACOMETIDA:** Permite la conexión de la red subterránea de la urbanización con la red pública de distribución de los servicios públicos de telecomunicaciones.

#### **Artículo 4°.- NORMAS GENERALES**

La implementación de las redes e instalaciones de comunicaciones en habilitaciones urbanas se regirá por los siguientes principios:

1. La construcción de las redes de distribución de telecomunicaciones en habilitaciones urbanas deben ser subterráneas con excepción de aquellas zonas urbanas de escasos recursos económicos señaladas por la Municipalidad respectiva.

2. Las redes de distribución de los servicios públicos de telecomunicaciones permitirán el acceso al domicilio del abonado en forma subterránea, de conformidad con lo indicado en el párrafo anterior.

3. Los materiales deberán cumplir con las normas técnicas emitidas por la entidad competente.

4. Se deberá prever aspectos de seguridad para asegurar la inviolabilidad y el secreto de las telecomunicaciones, de conformidad con el Texto Único Ordenado (TUO) de la Ley de Telecomunicaciones, su Reglamento General y las normas que fueran pertinentes.

5. Para la elaboración de proyectos, instalación, operación y mantenimiento de sistemas de telecomunicaciones se deberá cumplir con las disposiciones de seguridad aplicable, tales como el Código Nacional de Electricidad, los Reglamentos de Seguridad e Higiene Ocupacional, vigentes.

6. En el caso que se dispusiera el acceso y uso compartido de otra infraestructura de uso público, serán aplicables las disposiciones sectoriales y las normas sobre seguridad que regulen dicha infraestructura de uso público.

#### **Artículo 5°.- PROYECTO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES EN HABILITACIONES URBANAS**

El solicitante de la habilitación urbana deberá presentar a la autoridad competente un Proyecto Técnico para la instalación de infraestructura de telecomunicaciones, como parte del expediente de habilitación urbana. Este Proyecto Técnico deberá observar las disposiciones establecidas en la presente Norma y será firmado y sellado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú. Debe constar en el Proyecto Técnico la participación de otros profesionales de ingeniería según la competencia requerida.

El Proyecto Técnico de infraestructura de telecomunicaciones para una habilitación urbana, debe contener la descripción detallada de todos los elementos que componen la instalación, ubicación, dimensiones, haciendo referencia a las normas que cumplen.

El Proyecto Técnico debe incluir, como mínimo lo siguiente:

1. Memoria descriptiva. En la que se especificarán, como mínimo, lo siguiente: descripción de la infraestructura de los servicios de telecomunicaciones a instalar, premisas de diseño; descripción esquemática del sistema o sistemas a instalar, características técnicas generales del sistema de telecomunicaciones y el metrado de los canales y ductos.

2. Planos. Plano de ubicación y plano de distribución de ductos, conductos, cámaras, pedestales, canalizaciones y accesos domiciliarios de la infraestructura de telecomunicaciones.

3. Presupuesto. Se especificará el número de unidades y precios unitarios de cada una de las partes en que puedan descomponerse los trabajos, debiendo quedar definidas las características, modelos, tipos y dimensiones de cada uno de los elementos.

#### **Artículo 6°.- PROCEDIMIENTO PARA LA APROBACIÓN DEL PROYECTO TÉCNICO**

La aprobación del Proyecto Técnico y de su ejecución se regirá por el siguiente procedimiento:

1. Las solicitudes de aprobación de estudios para las habilitaciones urbanas deberán acompañar el Proyecto Técnico para la implementación de la infraestructura de telecomunicaciones e incluirá lo previsto en el Artículo 4° de la presente Norma y de ser el caso y estar previsto en los planes de desarrollo correspondientes, las áreas necesarias para la instalación de centrales telefónicas, concentradores y otros equipos que permitan brindar servicios públicos de telecomunicaciones.

2. La aprobación del Proyecto Técnico estará a cargo de la Municipalidad correspondiente, el mismo que estará previamente refrendado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones, colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú. En caso de compartición de infraestructura, la participación de otros profesionales será según la competencia requerida.

3. La empresa responsable del proyecto solicitará a una o más operadoras de servicio público de telecomunicaciones que tenga concesión en esa localidad información que permita la adecuada elaboración del Proyecto Técnico, las mismas que estarán obligadas a suministrar dicha información.



4. La ejecución del Proyecto Técnico, en la instalación de los ductos, cámaras, pedestales e infraestructura necesaria para la red de distribución de los servicios públicos de telecomunicaciones, estará bajo la dirección de un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones y bajo la responsabilidad de la urbanizadora o constructora.

5. Luego se procederá a la inspección técnica del Proyecto Técnico ejecutado y se emitirá un informe refrendado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones, colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú, en el cual, de ser el caso se dará la conformidad de la infraestructura de telecomunicaciones y se procederá a la recepción de obra. De no ser conforme la ejecución del proyecto se emitirá un informe de todo aquello que no cumple la infraestructura debidamente sustentado.

6. Los solicitantes de una habilitación urbana entregarán a la Municipalidad el plano definitivo de la infraestructura de telecomunicaciones, registrando todas las modificaciones efectuadas durante el proceso de construcción.

7. El mantenimiento de la infraestructura destinada al servicio de telecomunicaciones será efectuado por la entidad responsable del uso de las instalaciones del servicio público de telecomunicaciones, que podrá ser la operadora de servicios de telecomunicaciones, con la finalidad que se garantice el buen estado, el funcionamiento adecuado y seguro de todas las partes del sistema de telecomunicaciones.

#### **Artículo 7°.- INSPECCIONES POSTERIORES A LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES**

Las inspecciones posteriores a la infraestructura de telecomunicaciones se podrán realizar de oficio, a solicitud de parte, o por denuncia.

Para la inspección de la modificación de una infraestructura de telecomunicaciones se deberá observar lo siguiente:

1. Se tomará en cuenta los últimos planos de instalación, de emplazamiento y trazado correspondiente que se hayan presentado a la Municipalidad, debidamente firmado y sellado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones, colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú.

2. Durante la inspección, la autoridad competente en el adecuado sustento técnico y bajo su responsabilidad, solicitará la modificación de la infraestructura, la sustitución de equipos o materiales no aprobados que no garanticen la seguridad de las personas o de las instalaciones; de no cumplirse tal requerimiento, la autoridad competente no dará su conformidad a la infraestructura construida.

3. La información a ser solicitada a los constructores de las habilitaciones urbanas y a los responsables de las instalaciones de la infraestructura de telecomunicaciones para efectos de inspección sólo será la relacionada con el cumplimiento de la presente Norma y comprenderá todo aquello que permita formar convicción sobre el cumplimiento de la misma.

4. En los casos que por la inspección realizada sea necesario la presentación de información confidencial o privilegiada, el responsable de la inspección está prohibido de publicar o difundir dicha información por cualquier medio.

5. Las inspecciones deben regirse por los principios de transparencia, veracidad y discrecionalidad.

## ANEXO 2:

### MUNICIPALIDADES DISTRITALES QUE ESTARÍAN GENERANDO BARRERAS PARA EL DESPLIEGUE DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES A NIVEL NACIONAL

Problema	Municipalidad u Otra Autoridad	Dispositivo Legal / Oficio N°
Exigencia de requisitos adicionales a los previstos en la Ley N° 29022, para la instalación de infraestructura.	<b>Municipalidad Distrital de Ate</b>	Se solicita a empresa concesionaria, realizar coordinaciones con asociaciones de propietarios respecto a ejecución de trabajos de instalación de postes y tendido de red legalmente autorizados (Oficio N° 060-2011-MDA/GOP).
	<b>Municipalidad Distrital de la Molina</b>	Se solicita a empresa concesionaria, contar con un plan de comunicaciones y participación ciudadana para la autorización de instalación de una Estación Radioeléctrica para la cobertura del servicio de telefonía celular (Oficio N° 2372-2011-MDLM-GDU-SGOPHUC).
	<b>Municipalidad de Jesús María</b>	Se solicita a empresa concesionaria, para obtener "Autorización para ejecución en obra de área de uso público", la presentación de un plano de seguridad y señalización en obra y fotos de la zona a intervenir (Requerimiento N° 152-2011-MDJM-GDUyA-SGOPyP).
	<b>Municipalidad Metropolitana de Lima</b>	Se solicita a empresa concesionaria, para obtener "Autorización de interferencias de vías para ejecutar trabajos de Instalación de puntos y equipos de energía en postes", la presentación de una carta de aprobación emitida por el distrito de Chorrillos (Oficio N° 1482-2011-MML/GTU-SIT).
		Se solicita a empresa concesionaria, anexar una carta de opinión favorable emitida por la Empresa Municipal Administradora de Peaje (EMAPE), para la ejecución de obras de instalación de infraestructura de telecomunicaciones en la Av. Tomás Valle (Oficio N° 1397-2011-MML/GTU-SIT).
		Se solicita a empresa concesionaria, anexar una carta con la opinión técnica favorable emitida por el Instituto Metropolitano Pro Transporte de Lima

<p>Exigencia de requisitos adicionales a los previstos en la Ley N° 29022, para la instalación de infraestructura.</p>	<p><b>Municipalidad Distrital de Miraflores</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Ordenanza N° 287-08-MM</b></p> <p>Se prevén requisitos adicionales para obtener la Autorización para la Ejecución de obras en áreas públicas, ó instalación y mantenimiento de infraestructura para la prestación de servicios públicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotografía a color de cada 50 ml del trazo de canalización proyectada y de la ubicación de la obra ó instalación a ejecutar.</li> <li>- Metrado y Presupuesto de Obra.</li> <li>- Carta de compromiso obligándose a reponer el área pública involucrada de acuerdo al diseño original y a indemnizar los daños y perjuicios, lesiones o muerte de personas derivada de las omisiones, negligencias propias o incumplimiento de las condiciones de seguridad de la autorización.</li> <li>- Autorización de La Dirección de Transporte Urbano de la Municipalidad de Lima para desvío de tránsito (GTU) de ser necesario.</li> </ul>
	<p><b>Municipalidad Distrital de San Isidro</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Ordenanza N° 321-MSI que aprueba el Texto Único de Procedimientos Administrativos – TUPA de la Municipalidad de San Isidro</b></p> <p>En su procedimiento N° 6.06.1 - Licencia de edificación para la ejecución de obras en áreas públicas, ó instalación y mantenimiento de infraestructura para la prestación de servicios públicos, se establecen los siguientes requisitos adicionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planos de estructuras, ESC. 1/75 mínimo plano de sostenimiento de excavaciones (art. 33 de la norma e. 050- RNE) de corresponder y memoria descriptiva precisando las.</li> <li>- Memorias justificativas de cada especialidad.</li> <li>- Estudio de impacto ambiental y estudio de impacto vial cuando corresponda.</li> <li>- Informe técnico favorable de los revisores urbanos.</li> </ul>

Prohibición de Cableado Aéreo	Municipalidad Distrital de Bellavista	Se declara improcedente la solicitud de empresa concesionaria, de ampliación de redes aéreas (Oficio N° 824-2011-MML/GTU-SIT9).
		Se informa a empresa concesionaria, que para la ejecución de una obra en área de uso público, su propuesta debe estar orientada a soterrar el tendido del proyecto (Carta N° 698 -2011 -
		MML/GDU-SAU-DORP).
		Se informa a empresa concesionaria, que no se permite la instalación de cableado aéreo por contraponerse al ornato urbano (Carta N° 247 - 2011 -MDB/DDU).
	Municipalidad Metropolitana de Lima	<b>Ordenanza N° 203-MML – Reglamento para la Ejecución de Obras en las Áreas de Dominio Público</b> Se prohíbe la ampliación de redes aéreas en áreas urbanas consolidadas, estas ampliaciones sólo se permitirán en áreas urbanas no consolidadas y con el carácter de provisionales (Artículo 49°).
	Municipalidad Distrital de Callao	<b>Ordenanza Municipal N° 000055 – Regulan la ejecución de obras en áreas de dominio público</b> Se prohíbe el tendido de cableado aéreo (Artículo 11°).
	Municipalidad Distrital de Lince	<b>Ordenanza N° 199-2007-MDL: Ordenanza que regula a los niveles de operaciones para fines comerciales</b> No se permite instalación/ampliación de nuevas redes aéreas en áreas urbanas consolidadas.
	Municipalidad de Magdalena Del Mar	<b>Ordenanza N° 467-MDMM – Reglamento de Ejecución de Obras en áreas de dominio público en el Distrito de Magdalena del Mar</b> Se prevé la prohibición de instalación de cableado aéreo en el distrito (Artículo 17°).
	Municipalidad De Miraflores	<b>Ordenanza N° 287-MM que Regula la Ejecución de Obras, Instalación, Mantenimiento y Retiro de Infraestructura para la prestación de servicios públicos en áreas de uso público</b> Se prohíbe la instalación de cableado aéreo de telecomunicaciones, eléctricas y afines.
	Municipalidad de Santiago de Surco	<b>Ordenanza N° 313-MSS que Regula la ejecución de obras de infraestructura en áreas de uso público, para la prestación de servicios públicos</b> Se prohíbe la instalación de nuevo tendido aéreo.

## ANEXO 3:

### FICHA TECNICA AV200 NANO PLC

#### ⦿ Specifications:

Hardware Features	
Standards and Protocols	HomePlug AV, IEEE802.3, IEEE802.3u
Interface	1*10/100Mbps Ethernet Port
Plug Type	EU
Button	Pair Button
LED Indicator	PWR, PLC, ETH
Dimensions (W x D x H)	2.6 x 2.0 x 1.1in. (65 x 52 x 28.5mm)
Power Consumption	< 2.0 W
Range	300M in house
Software Features	
Modulation Technology	OFDM
Encryption	128-bit AES Encryption
Others	
Certifications	CE, FCC, RoHS
System Requirements	Windows 2000/XP/2003/Vista, Windows 7, Mac, Linux
Environment	Operating Temperature: 0°C~40°C (32°F~104°F) Storage Temperature: -40°C~70°C (-40°F~158°F) Operating Humidity: 10%~90% non-condensing Storage Humidity: 5%~90% non-condensing



**Figura 34:** Nano PLC AV200 TP-LINK

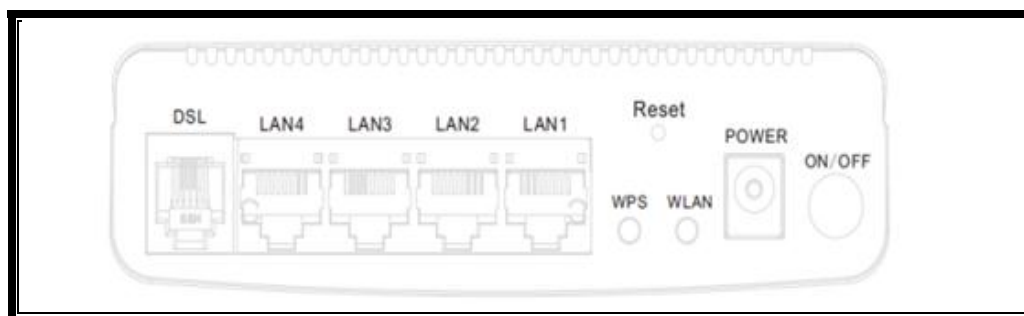
## ANEXO 4:

### CUADROS DE FICHA TÉCNICA DEL ROUTER ZXHN H108N

Item	Specification
Dimensions	140 mm (width) × 38 mm (height) × 186 mm (depth) (ZXHN H108N case) 155 mm (width) × 90 mm (height) × 275 mm (depth)
Weight	256 g (not including the attachment and power supply) 715 g (including attachment and power supply)
Input voltage	100 V–240 V AC 50/60Hz
Rated voltage	12 V DC
Rated current	1 A
Working temperature	0°C–40°C
Working humidity	20%–90%
Storage temperature	–40°C to 60°C

Identification	Color	Status	Description
Power	Green/Red	Off	Power off
		Red Flash	Software upgrade
		Green On	Power on
DSL	Green	Off	No signals are detected
		Flash	The MODEM is trying to be in the activation status
		On	The MODEM has been activated.
Internet	Green/Red	Off	The system is under the Bridge mode or the ADSL has not been connected
		Flash	There are some data packets passing the MODEM
		On	The system is under the Route mode and the ADSL has been connected. The MODEM IP data packet can be normally transceiver (For example, the built-in PPPOE has been established and the dynamic IP address has been obtained).
		Red	Device attempted to become IP connected and failed (no DHCP response, no PPPOE response, PPPOE authentication failed, no IP address from IPCP, etc.)
LAN1~LAN4	Green	Steady on	The LAN connection is established but no is data transferring.
		Flashing	Data is transmitting. The flashing frequency indicates the LAN traffic.

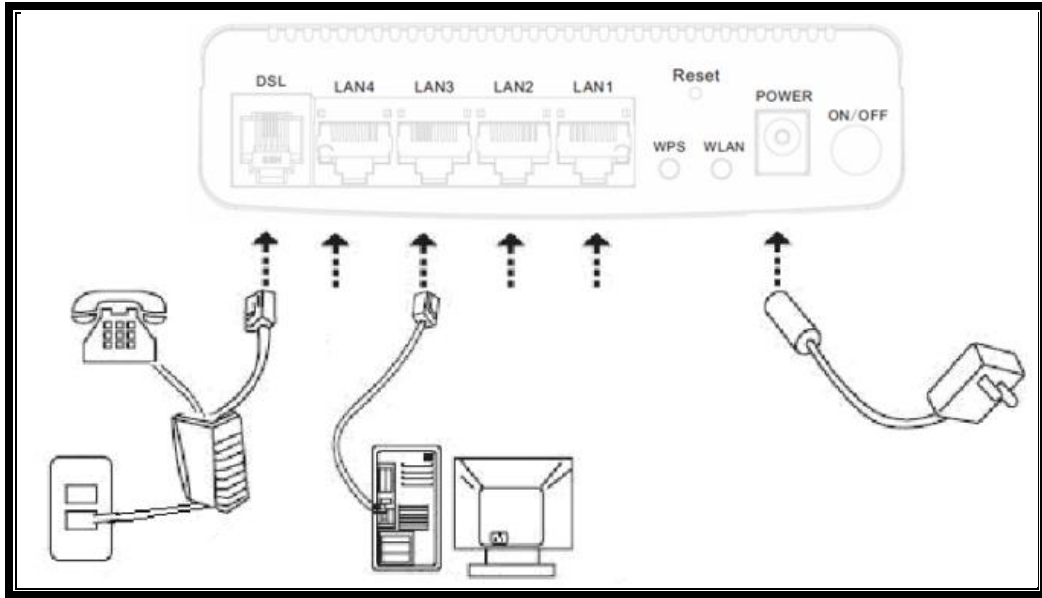
Identification	Color	Status	Description
		Off	The device is not powered on or the LAN connection has not been established
WLAN	Green	Steady on	The wireless port is enabled.
		Flashing	Data is transmitting. The flashing frequency indicates the WLAN traffic.
		Off	The device is not powered on or the wireless port is disabled.
USB	Green	Steady on	A USB device, such as hard disk is connected.
		Flashing	Data is transmitting.
		Off	The device is not powered on or the USB device connection has not been established.
WPS	Green	On	The wireless terminal device is connected through WPS successfully. The indicator turns off five minutes later.
		Slowly flashing	The wireless terminal device is connecting with H108N through WPS.
		Quickly flashing	There is error when the wireless terminal is connecting to H108N through WPS.
		Off	There is no wireless terminal device connected to H108N through WPS or the wireless terminal device has been connected to H108N through WPS for more than five minutes.



**Figura 35:** Panel trasero de Router

Item	Introduction
DSL	RJ-11 connection interface: The equipment is connected to the ADSL line or splitter via the telephone line.
LAN1-LAN4	RJ-45 connection interface: Connect it to the PC computer or other network devices using the network cable.
WPS	WPS switch

Item	Introduction
Reset	This button is on the bottom of modem. In the power-on state, you can restore the system to the default configuration by using a thin needle to press this slot for three seconds or for three executive times.
WLAN	Wi-Fi switch
POWER	Power interface. Connect it to the power adapter.
ON/OFF	Power switch



**Figura 36:** Conexión Hardware de Router



**Figura 37:** Router ZXHN H108N