



TESIS PROFESIONAL

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA EN TECNOLOGÍAS POWER LINE COMMUNICATIONS (PLC) EN EL ITSMT



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



VERACRUZ
GOBIERNO
DEL ESTADO



SEV
Secretaría
de Educación

SEMSys
Subsecretaría de Educación
Media Superior y Superior



DET
Departamento de Educación
Tecnológica del Estado
de Veracruz



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA EN
TECNOLOGÍAS POWER LINE COMMUNICATIONS (PLC)
EN EL ITSMT

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA
TORRE

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:
LICENCIADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES

Presenta:

DANIEL MARTÍNEZ
PÉREZ

Asesores:

MCCyT. KEILA ELENA OCAÑA
DROUILLET
ING. FRANCISCO XAVIER YÁÑES
BRINGAS
M.E. FRANCISCO JAVIER GUTIÉRREZ
HERNÁNDEZ

Martínez de la Torre, Veracruz Septiembre 2021

FICHA TÉCNICA

Estudiante

Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)
Martínez	Pérez	Daniel

No. de control: 1500321

Carrera: Ing. En Sistemas Computacionales

Correo: 150i0321@tecmartinez.edu.mx

Asesor(es) y/o colaboradores ITSMT

MCCyT. Keila Elena Ocaña Drouaillet

M.E. Francisco Javier Gutiérrez Hernández

Datos del lugar donde se desarrolló el proyecto

Nombre o razón social

Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre

Dirección (calle, número, colonia, ciudad, código postal)

Ignacio de llave, 182, Centro, 93600, Martínez de la Torre, Veracruz.

Asesor externo: Ing. Francisco Xavier Yáñez Bringas

Departamento: Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre

Cargo: Asesor(es) y/o colaboradores ITSMT

Correo: itsmartinez@tecmartinez.edu.mx

Teléfono y extensión: 232 154 5041

FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL

	Liberación del Proyecto para Titulación Integral	Página 1 de 1
---	---	---------------

Martínez de la Torre, Ver. a 26 de Enero de 2021


C. GUADALUPE JIMÉNEZ BARRAGÁN
JEFE(A) DE DEPTO. SERVICIO SOCIAL Y
RESIDENCIAS PROFESIONALES
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA TORRE
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del estudiante:	Daniel Martínez Pérez		
Carrera:	Ingeniería en Sistemas Computacionales	No. De control:	15010321
Nombre Proyecto:	Estudio de Factibilidad Técnica en Tecnologías Power Line Communications (PLC) en el ITSMT		
Opción Titulación:	Tesis		

Agradezco su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados(as).

A T E N T A M E N T E


M.C. JULIO CÉSAR MACÍAS GÓMEZ
JEFE DE DIVISIÓN DE CARRERA DE
INGENIERÍA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES



JEFATURA DE CARRERA
ING. SISTEMAS COMPUTACIONALES


LIC. KEILA ELENA OCAÑA
DROUAILLET
ASESOR



ING. FRANCISCO JAVIER
GUTIÉRREZ HERNÁNDEZ
REVISOR*


ING. FRANCISCO JAVIER
YAÑEZ BRINGAS
REVISOR*

* Solo aplica para el caso de tesis o tesina.
 C.c.p. Estudiante.
 C.c.p. Archivo.

F-11-07
Rev. 1

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE TESIS EN SOPORTE DIGITAL

	Carta de Autorización de Entrega de Tesis en Soporte Digital	Página 1 de 1
---	--	---------------

No. de Oficio: DET/ITSMT/DA/ISC/079/2021

ASUNTO: Autorización de entrega

Martínez de la Torre, Ver., a 15 de Septiembre de 2021.

C. DANIEL MARTÍNEZ PÉREZ
No DE CONTROL 15010321
EGRESADO (A) DE LA CARRERA
INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES
P R E S E N T E

Por medio de la presente hago constar que ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el Lineamiento para la Titulación Integral.


Por tal motivo se autoriza la entrega de la Tesis en soporte digital titulada:

Estudio de factibilidad técnica en tecnologías Power Line Communications (PLC) en el ITSMT

Dándose un plazo máximo de 30 días naturales a partir de la fecha de la expedición de la presente para realizar la solicitud del Acta de Recepción para la obtención del Título Profesional.



ATENTAMENTE


M.C.C. y T. Keila Elena Ocaña Drouaillet
Presidenta de Academia de Ingeniería
en Sistemas Computacionales


JEFATURA DE CARRERA
ING. SISTEMAS COMPUTACIONALES
Ing. Hernal Bautista Ruiz
Jefe de Carrera de Ingeniería
en Sistemas Computacionales

C.c.p. División de Estudios Profesionales
C.c.p. Archivo

F-11-09
Rev. 1

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis principalmente a mis padres Paulina Pérez Inés y Fidencio Martínez Martínez, ya que ellos tuvieron el valor de creer en mí en todo momento, me dieron ánimos de continuar y no dejarme derrotar en esta etapa de mi vida, que por más difícil que pareciera ellos siempre creyeron en mí, agradezco a papá por el hecho de trabajar duro día a día sin descanso para que yo pudiera terminar la carrera y que aunque no demuestre su cariño como me gustaría, con este esfuerzo que hizo por mí no hace falta demostrar nada. Y le agradezco a mamá por siempre estar ahí cada vez que la necesitaba, por su apoyo incondicional y por creer en mí, de alguna u otra manera siempre vio porque yo estuviera bien en todo momento y que jamás faltara nada, no me queda más que decirles a ustedes, muchas gracias papás, los amo.

También quiero dedicar este proyecto a mi pequeña hermana que amo y que aunque no lo crea para mí siempre será el mejor regalo que me dieron mis padres.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a dios por siempre estar conmigo en este camino y me ha bendecido con mi familia, amigos y demás personas que ahora están conmigo.

Quisiera agradecerle a mis asesores, al M.E. Francisco Javier Gutiérrez Hernández, al ING. Francisco Xavier Yáñez Bringas, por apoyarme con este proyecto de tesis y estar en la mejor disposición en todo momento, pero principalmente agradezco a la MCCyT. Keila Elena Ocaña Drouaillet quien en todo momento me apoyó con este proyecto, aclaró todas mis dudas y muchas cosas más por las cuales estoy agradecido, tal vez jamás se lo comenté, pero siempre desee que usted fuera mi asesora y agradezco que así allá sido, como su alumno me complace decir que usted es de las mejores docentes que he tenido, muchas gracias por todo.

Por último quiero agradecer a toda la institución educativa, los profesores de inglés, servicios escolares y todo el personal docente que nos apoyaron a cada uno de los alumnos de mi generación, docentes como el Lic. Basilio, el Ing. Lameiras, el Ing. Angel, el Mtro. Zetina y muchos más, a todos ustedes gracias.

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación es un estudio de factibilidad técnica con base en la tecnología Power Line Communications en las instalaciones de la Unidad Académica Departamental tipo “H” del ITSMT, esto para poder conducir el servicio de internet a través de las líneas eléctricas del edificio debido a que actualmente estas instalaciones no cuentan con el mismo. Es bien sabido que existen diversas vías para acceder a los servicios de internet que ofrecen los ISP, pero regularmente es necesario el uso de diversos materiales y capital humano en el proceso de instalación, lo cual provoca gastos excesivos para obtenerlo. Por ello mismo es conveniente indagar en nuevos métodos de distribución del servicio de internet, siempre y cuando estos cumplan nuestras necesidades como lo es abastecer del servicio de internet principalmente al laboratorio de cómputo del plantel. A través del método inductivo se obtuvieron generalidades de la tecnología con el fin de llegar a los objetivos particulares de la investigación, ya que con ello se consiguió mayor información sobre todos los aspectos que conllevan al uso y funcionalidad de la tecnología PLC adaptándolos a este estudio de factibilidad técnica y así afirmar que el uso de esta tecnología dentro del plantel educativo del ITSMT es viable.

Palabras Clave: plc, sketchup, osi, modulación, topología.

ABSTRACT

The following research work is a technical feasibility study based on Power Line Communications technology in the facilities of the Departmental Academic Unit type "H" of the ITSMT, this in order to conduct the internet service through the electrical lines of the building because currently these facilities do not have it. It is well known that there are several ways to access internet services offered by ISPs, but regularly it is necessary to use various materials and human capital in the installation process, which causes excessive expenses to obtain it. For this reason, it is convenient to investigate new methods of internet service distribution, as long as they meet our needs, such as supplying internet service mainly to the campus computer lab. Through the inductive method, generalities of the technology were obtained in order to reach the particular objectives of the research, since with this more information was obtained on all the aspects that lead to the use and functionality of PLC technology, adapting them to this study technical feasibility and thus affirm that the use of this technology within the ITSMT educational establishment is viable.

Keywords: *plc, sketchup, osi, modulation, topology.*

CONTENIDO

FICHA TÉCNICA	II
FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE TESIS EN SOPORTE DIGITAL	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABLAS	XIV
ABREVIATURAS	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MOTIVACIÓN	2
3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN	2
4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	7
4.1 PROPUESTA DE SOLUCIÓN	8
5. JUSTIFICACIÓN	8
6. OBJETIVOS DEL PROYECTO	10
6.1 OBJETIVO GENERAL	10
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
7. ALCANCES Y LIMITACIONES	10
7.1 ALCANCES	10
7.2 LIMITACIONES	11
8. HIPÓTESIS	11

9.	MARCO TEÓRICO	11
9.1	POWER LINE COMMUNICATIONS.....	12
9.2	PRINCIPIOS DE LA COMUNICACIÓN POR PLC	13
9.3	VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA PLC.....	14
9.4	LIMITACIONES DE LA TECNOLOGÍA PLC	15
9.5	ARQUITECTURA DE RED.....	16
9.5.1	Sistema outdoor.....	18
9.5.2	Sistema indoor.....	20
9.6	COMPONENTES DE LA RED PLC.....	22
9.6.1	Acopladores.....	22
9.6.2	Equipo de cabecera (HE) / Gateway.....	25
9.6.3	Customer premises equipament /modem de usuario PLC	26
9.7	MODELO OSI.....	28
9.7.1	Capa física.....	29
9.7.2	Capa de enlace de datos.....	30
9.7.3	Capa de red.....	30
9.7.4	Capa de transporte	30
9.7.5	Capa de sesión.....	30
9.7.6	Capa de presentación.....	31
9.7.7	Capa de aplicación.....	31
9.8	MODELO OSI EN TECNOLOGÍAS PLC.....	31
9.8.1	Capa física en PLC	31
9.8.2	Capa de enlace de datos en PLC.....	33
9.9	TÉCNICAS DE MODULACIÓN PARA TECNOLOGÍAS PLC	35
9.9.1	Modulación OFDM.....	36
9.10	TOPOLOGÍAS DE RED.....	37
9.11	TOPOLOGÍAS DE RED PLC.....	42
9.11.1	Topología física de red PLC.....	43
9.11.2	Topología lógica de red PLC.....	44
10.	ESTADO DEL ARTE	45
10.1	ANTECEDENTES.....	45
11.	METODOLOGÍA	50
11.1	PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	52

11.1.1	Arquitectura de red PLC en el Laboratorio de Cómputo.....	52
11.1.2	Componentes de la red PLC del ITSMT	52
11.1.3	Topología de red PLC en el ITSMT	53
11.1.4	Procedimiento.....	53
11.1.5	Simulador SketchUp.....	54
12.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
12.1	SIMULACIÓN DE LA UNIDAD ACADÉMICA DEPARTAMENTAL	
	TIPO H DEL ITSMT CON TECNOLOGÍA PLC	56
12.1.1	Simulación del diseño de la Red PLC en la Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT.....	61
12.1.2	Simulación del diseño de la Red con Cableado Estructurado en la Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT	69
12.2	COMPARATIVA TÉCNICA ENTRE LA RED PLC Y LA RED POR	
	CABLEADO ESTRUCTURADO CON RESPECTO A LA SIMULACIÓN	73
13.	CONCLUSIÓN.....	79
14.	COMPETENCIAS DESARROLLADAS	80
15.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama del ITSMT	4
Figura 2. Proceso de la Investigación PLC.....	12
Figura 3. Red PLC interna.....	13
Figura 4. Estructura de la Arquitectura de Red PLC.....	18
Figura 5. Sistema Outdoor PLC	19
Figura 6. Sistema Indoor PLC	21
Figura 7. Arquitectura General de una Red PLC.....	22
Figura 8. Acoplador capacitivo BPL UNDERCAP.....	23
Figura 9. Acoplador capacitivo BPL OVERCAP.....	24
Figura 10. Acoplador inductivo MICU 300A-S/LF	24
Figura 11. Arquitectura de red PLC con dispositivo Gateway	25
Figura 12. Medium Voltage Access Gateway	26
Figura 13. Ejemplo del uso del Modem PLC	27
Figura 14. Kit Extensor Powerline WiFi AV600	28
Figura 15. Modelo de Referencia OSI.....	29
Figura 16. Topología de Bus	38
Figura 17. Topología de Estrella	39
Figura 18. Topología en Anillo	40
Figura 19. Topología de Árbol	41
Figura 20. Topología de Malla	42
Figura 21. Topología de Árbol PLC.....	43
Figura 22. Topología Estrella PLC.....	44
Figura 23. Logo de SketchUp.....	54
Figura 24. Diseño de Logo de SketchUp.....	55
Figura 25. Vista de las Afueras de la Unidad Académica Departamental Tipo H.....	57
Figura 26. Vista General de la Unidad Académica Departamental Tipo H.	57
Figura 27. Entrada Principal de la Unidad Académica Departamental	

Tipo H. No.1	58
Figura 28. Entrada Principal de la Unidad Académica Departamental	
Tipo H. No.2	58
Figura 29. Unidad Académica Departamental Tipo H	59
Figura 30. Vista ESTE de la Unidad Académica Departamental Tipo H	59
Figura 31. Vista SUR de la Unidad Académica Departamental Tipo H	60
Figura 32. Vista OESTE de la Unidad Académica Departamental Tipo H.....	60
Figura 33. Vista Frontal de la Unidad Académica Departamental Tipo H	61
Figura 34. Vista Aérea de la Unidad Académica Departamental Tipo H	61
Figura 35. Subestación y conexión de Red PLC	63
Figura 36. Subestación y conexión eléctrica	63
Figura 37. Tablero de Control	64
Figura 38. Tablero de Control y Conexiones Eléctricas.....	64
Figura 39. Regulador y conexión eléctrica	65
Figura 40. Regulador del Laboratorio de Cómputo.....	66
Figura 41. Dispositivo PLC receptor	66
Figura 42. Laboratorio de Cómputo No.1	67
Figura 43. Laboratorio de Cómputo No.2	68
Figura 44. Vista aérea del Laboratorio de Cómputo.....	68
Figura 45. Vista Trasera del Cableado Estructurado del Laboratorio de Cómputo	70
Figura 46. Vista del Cableado Estructurado y Equipos de Cómputo	70
Figura 47. Cableado Estructurado y SiTe del Laboratorio de Cómputo No.1	71
Figura 48. Cableado Estructurado y SiTe del Laboratorio de Cómputo No. 2	71
Figura 49. Conexiones de Cableado Estructurado y Equipos de Cómputo.....	72
Figura 50. Equipos de Cómputo y Conexiones Ethernet.....	72
Figura 51. Vista Aérea del Laboratorio de Cómputo con Cableado Estructurado.....	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre la tecnología PLC y el Cableado Estructurado	75
Tabla 2. Estimación del costo de la red con Cableado Estructurado	77
Tabla 3. Estimación del costo de una red con PLC	78

ABREVIATURAS

ASK	Amplitude Shift Keying
BPL	Broadband Power Line
BT	Baja Tensión
CAT	Categoría
CENELEC	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica
CPE	Equipo Local del Cliente
CSMA/AC	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
DMT	Discrete Multi-Tone Modulation
DSSSM	Direct Sequence Spread Spectrum Modulation
EU	Estados Unidos
FBMC	Filter Bank Multicarrier
FPGA	Fiel Programmable Gate Array
FSK	Frequency Shift Keying
Gateway	Puerta de Enlace
GMSK	Gaussian Minimun Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
HE	Head-end
HPAV	Home Plug AV
Hz	Hertz
IMA	Infraestructura de Medición Avanzada
IP	Protocolo de Internet.
ISP	Proveedor de Servicios de Internet
ITSMT	Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre
KHz	Kilohertzios
kW	Kilovatio
LAN	Local Area Network
Mbps	Megabit por Segundo
MHz	Megahertzios
MT	Media Tension

OFDM	Orthogonal. Frequency Division Multiplexing
OSI	Open System Interconnection
PLC	Power Line Communication
PLT	Power Line Telecommunications
PSK	Phase Shift Keying
PYMES	Subsecretaría de la Pequeña y Mediana Empresa
RJ45	Registered Jack Cat 45
SEFIPLAN	Secretaría de Finanzas y Planeación
SEP	Secretaria de Educación Publica
SiTe	Servidor de Internet
SS	Spread Spectrum
UTP	Unshielded Twisted Pair
WAM	Wide Area Network (“Red de Área Amplia”)
WIFI	Wireless Fidelity
xDSL	x Digital Subscriber Line

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la internet se ha vuelto parte fundamental de nuestras vidas, con la invención de los dispositivos móviles y los nuevos productos tecnológicos que salen a la venta al mercado, los cuales ya necesitan una conexión a internet es prácticamente imposible no depender de ella, ya que las personas necesitan mantenerse informadas en todo momento.

Existen distintos métodos para facilitar la manera en la que sea posible transmitir el servicio de internet a través de una red LAN, la herramienta más utilizada comúnmente es el cableado estructurado, el problema es que genera una gran cantidad de costos materiales para el uso de este tipo de transmisión de red, además, es necesario contar con herramienta específica para su instalación, sin embargo, la tecnología en las telecomunicaciones ha estado avanzando con el pasar de los años y ahora mismo se comienza a hacer uso de la infraestructura que ya existente como un método de acceso a internet, un ejemplo es la red eléctrica.

Hasta el momento la red eléctrica se utiliza exclusivamente para el abastecimiento de energía en los hogares y edificios, para el uso cotidiano de electrodomésticos, carga de teléfonos celulares, tabletas, etc., ahora bien, es posible utilizar la red eléctrica como un medio de transmisión de datos para aprovechar completamente el servicio de internet dentro de un edificio, la tecnología es conocida como PLC (Power Line Communications) y aunque aún se necesita mejorar, esta tecnología ya es utilizada en algunos países Europeos y otros más en el continente Americano como lo son Estados Unidos y Cuba.

PLC es una tecnología que permite transferir datos a velocidad de banda estrecha o banda ancha utilizando redes eléctricas como medio de transmisión de datos, audio y video a través de modulaciones. En México

no es común escuchar sobre esta tecnología, prácticamente no existe y no es del todo funcional en el país por el momento porque la red eléctrica en la mayoría de hogares u oficinas no se encuentra estandarizada para su uso, sin embargo, la red eléctrica de las nuevas instalaciones del ITSMT se encuentra basada bajo los estándares y normas internacionales, ya que el edificio de las nuevas instalaciones pertenece a una institución educativa. Se busca que con esta investigación sea posible abrir fronteras con la tecnología PLC para que más instituciones educativas sean capaces de utilizar la tecnología para que de esta manera se pueda tener acceso a los servicios de internet de una forma más práctica.

2. MOTIVACIÓN

El motivo por el cual se llevó a cabo la realización de esta investigación es la escasa accesibilidad que se tiene a una red de internet en las nuevas instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN

Según el decreto que crea el Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre(ITSMT) (Gobernador del Estado, 2008), dicta que esta institución se crea como un organismo público descentralizado del Gobierno del Estado, con personalidad jurídica y patrimonios propios, dicha institución se encuentra localizada en el municipio de Martínez de la Torre, Ver, este organismo público se encarga de la formación de nuevos ingenieros promoviendo valores y una educación plena de cara al mundo laborar. El ITSMT, inició operaciones en el mes de agosto del año 2008, en dicho año el instituto comenzó a trabajar en las instalaciones de

la “secundaria para trabajadores” ubicada en la colonia Ruiz Cortines como recinto educativo, sin embargo, estas instalaciones eran prestadas, para ese entonces la institución contaba con dos licenciaturas en ingeniería las cuales eran, Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias y Licenciatura en Ingeniería en Gestión Empresarial. A partir del año 2012 se comenzó a realizar el histórico de matrícula del ITSMT, en dicho año las licenciaturas contaban con una matrícula de 964 alumnos registrados (SEP, 2017), años más tarde el instituto continuó creciendo al igual que la demanda por parte de los nuevos aspirantes que deseaban pertenecer a la institución, por eso mismo se incluyeron nuevas licenciaturas para que de esta manera el nuevo alumnado tuviera la posibilidad de elegir entre diversas licenciaturas. Estas nuevas licenciaturas eran, Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales, Licenciatura en Ingeniería Ambiental y Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica.

Hoy en día el ITSMT continúa trabajando con cinco licenciaturas y hasta el año 2017, según el histórico de matrícula(SEP, 2017), se contaba con una matrícula de 1,141 alumnos registrados, además, se cuenta con tres edificios ubicados en distintas zonas de la ciudad como recintos educativos, el edificio principal conocido como “Llave” se encuentra ubicado en la Avenida Ignacio de Llave No. 182 en la Colonia Centro, el segundo edificio conocido como “Ruiz” se encuentra ubicado en la calle Miguel Hidalgo en la Colonia Adolfo Ruiz Cortines y por último el edificio “Guerrero” se encuentra ubicado en la calle Vicente Guerrero No. 408 en la colonia centro.

Sin embargo, los edificios antes mencionados no son propios de la institución, ya que estos son rentados para su uso educativo, por lo cual con ayuda del gobierno federal el ITSMT ha podido llevar a cabo la construcción de una edificación completamente propia de la institución, el cual es denominado como “Unidad Académica Departamental Tipo H”

del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, este se encuentra ubicado en la localidad de Cartago en la ciudad de Martínez de la Torre, Ver, el edificio cuenta con un laboratorio de cómputo, oficinas, sanitarios, aulas de uso multifuncional además de una gran cantidad de áreas verdes, sin embargo, esta investigación únicamente está enfocada en el laboratorio de cómputo del edificio.(SEP, 2017)

A continuación, se muestra el organigrama general del ITSMT, en la cual muestra la forma en la que se encuentra organizado hoy en día el instituto para tener una buena coordinación entre distintas áreas.

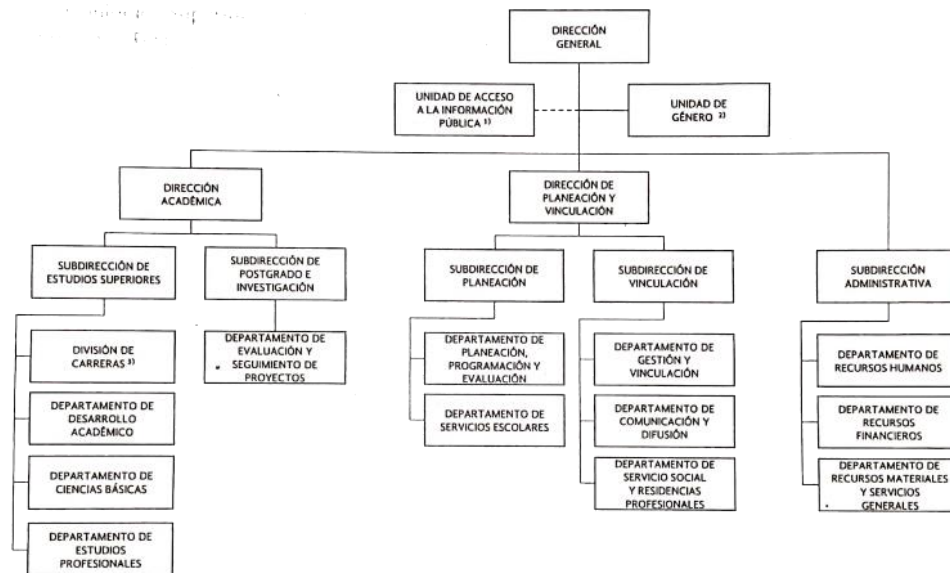


Figura 1. Organigrama del ITSMT

Fuente: (SEFIPLAN, 2016)

Misión

El Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre forma integralmente personas a través de la provisión de servicios de educación superior tecnológica, con énfasis en la calidad y en la pertinencia de su oferta educativa, dentro de un marco de respeto, plural e incluyente; colaborando así a lograr ciudadanos críticos y analíticos para alcanzar un cambio hacia una sociedad más justa,

equitativa y sustentable.(Ordaz, 2019)

Visión

Para el año 2024 el Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre será la mejor opción de educación superior del área de influencia, ello con base en la eficacia y transparencia de sus procesos, tanto administrativos como a los de gestión de sus programas educativos acreditados por su buena calidad; teniendo presentes los principios de equidad de género, respeto por el medio ambiente y el compromiso responsable de su personal y sus grupos de interés. (Ordaz, 2019)

Valores

- **Equidad.** - Este se encuentra asociado a los valores de igualdad y de justicia, al adoptar este valor el ITSMT promueve en las personas la igualdad, más allá de las diferencias en el género, la cultura, los sectores económicos a los que pertenece. Se relaciona con la justicia social, ya que defiende las mismas condiciones y oportunidades para todas las personas, sin distinción, solo adaptándose en los casos particulares. La equidad lucha contra la pobreza, la discriminación, el racismo, la xenofobia, la homofobia, entre otras cuestiones que fomenten la distancia y las diferencias entre los individuos.
- **Honestidad.** - Se entiende por honestidad a una virtud humana consistente en el amor a la justicia y la verdad por encima del beneficio personal o de la conveniencia. El ITSMT espera de sus estudiantes y trabajadores que las personas honestas u honradas se espera que digan ante todo la verdad, que sean justos y razonables, que obren de manera íntegra y sean transparentes en sus motivaciones. Se trata, entonces, de una forma de coherencia entre pensamiento y acción, pero también

entre la persona y las normas que son consideradas correctas por la comunidad de nuestro Instituto.

- **Respeto.** – El ITSMT define el respeto, como una forma de consideración y valoración que se debe tener hacia las personas, las ideas y al propio Instituto; ya sea acatando códigos de conducta, demostrando tolerancia, prestando una atención especial y dando preferencia a la comunicación, adherirse a ciertos lineamientos éticos y el valorar los intereses ajenos. Debe estar condicionado a la reciprocidad, es decir, es algo que debe entregarse de manera mutua.
- **Responsabilidad.** – Para el ITSMT es considerado como uno de los principios humanos más significativos, ya que habilita a una persona el poder elegir frente a las circunstancias que la vida presente. Es por esto, que claro está que una persona responsable es aquella que tras la realización de una acción consciente acepta las consecuencias que puedan derivar de la misma pues, la responsabilidad es una virtud que se encuentra en todo ser que posea libertad.
- **Liderazgo.** – En el ITSMT el liderazgo lo definimos como un conjunto de habilidades que sirven para influenciar en la manera de pensar o de actuar de las personas. Sin embargo, este término no solo debe enfocarse en el cambio de pensar o actuar de las personas, porque en el ITSMT los líderes deben ejercer la capacidad de tomar la iniciativa y proporcionar ideas innovadoras, y no solo de dar órdenes, afirmando con ello que la filosofía del trabajo en equipo es como se obtienen los mejores resultados.
- **Creatividad.** – En el ITSMT estamos seguros de la capacidad y habilidad de cada uno de nuestros estudiantes y personal para generar nuevos conceptos, ideas y asociaciones entre ellos, lo cual nos

conducirá a soluciones óptimas mejorando el aprovechamiento de áreas de oportunidad. También sabemos que ésta puede ser potenciada fomentando los hábitos en el quehacer de cada día.

- **Innovación.** – En el ITSMT hemos decidido introducir este nuevo valor a los ya existentes. En el día a día, disponemos de las experiencias, conocimientos y saberes para la innovación al servicio de estudiantes, personal y grupos de interés, potenciados por el trabajo en equipo de todas las áreas que nos conforman como Institución. Los procesos de investigación son parte fundamental para que este valor se desarrolle y dé frutos, por lo que formará parte importante en la vida Institucional.
- **Solidaridad.** – Emparentado con la compasión y la generosidad, con ánimos de cooperar y brindar apoyo desinteresado. Por esto el ITSMT lo incluye en su lista de valores institucionales, pero no lo consideramos como un mandato, sino que ha de ser voluntaria y como un requisito en la construcción de relaciones que generarán agradecimiento y empatía.(Ordaz, 2019)

4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El problema principal radica en las nuevas instalaciones del ITSMT, la Unidad Académica Departamental Tipo H, la instalación no se encuentra en la zona centro a la ciudad de Martínez de la Torre, Veracruz, sino en las afueras de la misma, esto ha generado gran dificultad para poder trasladar los servicios de internet hasta ese lugar y facilitar su uso, es netamente necesario este servicio, puesto que es la herramienta principal que se utiliza hoy en día en cualquier sitio, por lo cual es conveniente el uso de la Tecnología PLC como una alternativa para resolver diversas

cuestiones, ya que a través de esta sería posible facilitar servicio de red en la edificación de una forma rápida y segura, sin embargo, hasta el momento en esta área poblacional se conoce poco o realmente nada sobre Power Line Communicatios, por lo cual es conveniente realizar un estudio de factibilidad técnica sobre la tecnología para saber cómo es que funciona, cuál es la forma de instalación y de qué manera se utiliza correctamente, para que de esta manera se pueda tener la certeza de que esta herramienta pueda llegar sustituir al cableado estructurado (esta tecnología es la que se utiliza comúnmente) como medio de transmisión del servicio de internet en las instalaciones, por eso mismo es necesario realizar una simulación de la Unidad Académica Departamental Tipo H con los dos tipos de tecnologías realizando comparaciones entre sí y de esta manera poder saber si realmente es conveniente el uso de la Tecnología PLC en la unidad.

4.1 Propuesta de solución

Se propone realizar un estudio de factibilidad técnica para determinar la posibilidad de utilizar la tecnología PLC (Power Line Communications) como un medio de transmisión y acceso a internet en las nuevas instalaciones del laboratorio de cómputo de la Unidad Académica Departamental Tipo H del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, y así facilitar el servicio a los alumnos y profesores del plantel educativo.

5. JUSTIFICACIÓN

El siguiente proyecto de investigación abordará la tecnología PLC (Power Line Communications), este tipo de tecnología facilita las conexiones a internet en edificios u hogares aprovechando el cableado de la instalación eléctrica para convertirla en una línea digital de alta velocidad de

transmisión de datos, satisfaciendo la necesidad de los usuarios sin perder ancho de banda. PLC se desarrolló como alternativa de las comunicaciones de red haciéndole frente a las conexiones por Cable o la Fibra Óptica, ya que este tipo de conexiones generan mayores costos de infraestructura para su instalación. Debido a que en la actualidad en México es prácticamente desconocida la tecnología PLC, se busca realizar un estudio de factibilidad técnica sobre esta tecnología para averiguar si es factible el uso de ella, ya que cada país tiene estándares distintos comenzando por los voltajes de las redes eléctricas, así como la velocidad del ancho de banda a la que funciona la tecnología.

Actualmente en las instalaciones del ITSMT que se encuentran al centro de la ciudad de Martínez de la Torre, cuentan con el servicio de internet que es recibido a través del cableado estructurado que ofrece el proveedor de servicio de internet (ISP), este servicio está distribuido en todas las aulas y oficinas del edificio a través de cableado estructurado, lo cual al momento de la instalación fue necesario costear los materiales que se requerían para la distribución del servicio en el instituto.

Debido a que es costoso el proceso de la instalación del cableado estructurado para cualquier tipo de edificio que necesita el servicio de internet en distintos pisos y oficinas, es necesario buscar nuevas alternativas para poder gozar de un servicio con las mismas características y efectividad, pero reduciendo su costo y tiempo de instalación, por eso mismo con la construcción del nuevo edificio del ITSMT, la idea es implementar la tecnología PLC en sus instalaciones, por lo cual en este proyecto de investigación se llevará a cabo el estudio de factibilidad técnica en el laboratorio de cómputo de las nuevas instalaciones del ITSMT, ya que de esta manera será posible reducir costos y materiales para la instalación del servicio de internet, así mismo se podrá agilizar la instalación de dicho servicio procurando utilizar la mínima cantidad de

cableado estructurado y comenzar a utilizar las redes de energía eléctrica del edificio con la tecnología Power Line Communications para que se posible la transmisión de internet en el edificio, de tal manera que se pueda contar con internet de alta velocidad dentro de las instalaciones pero de una forma más económica y de fácil instalación.

6. OBJETIVOS DEL PROYECTO

6.1 Objetivo general

Realizar un estudio de la factibilidad técnica, para poder tener acceso a Internet a través de la red eléctrica por medio de la tecnología Power Line Communications (PLC), en el laboratorio de cómputo de las nuevas instalaciones del ITSMT.

6.2 Objetivos específicos

- Investigar sobre los distintos dispositivos que usa la tecnología PLC.
- Saber el tipo de arquitectura con la que trabaja la tecnología PLC.
- Obtener el funcionamiento del modelo OSI en las tecnologías PLC.
- Comparar y asignar alguna de las topologías de red para el laboratorio de cómputo.

7. ALCANCES Y LIMITACIONES

7.1 Alcances

- El presente estudio explora la posibilidad de implementar un nuevo medio de transmisión de internet en las instalaciones del ITSMT.

7.2 Limitaciones

- Falta de conocimiento sobre la tecnología PLC en México.

8. HIPÓTESIS

Con el estudio de factibilidad técnica que se llevará a cabo se obtendrá la información necesaria para saber si es factible utilizar la tecnología PLC en el laboratorio de cómputo del ITSMT para que sea posible facilitar el acceso a los servicios de internet.

9. MARCO TEÓRICO

A continuación, el documento muestra el proceso por el cual atravesó la investigación sobre la tecnología PLC y como es que podría ser factible su instalación en el edificio tipo H del ITSMT de forma gráfica a través de un esquema.

PROCESO DE INVESTIGACIÓN

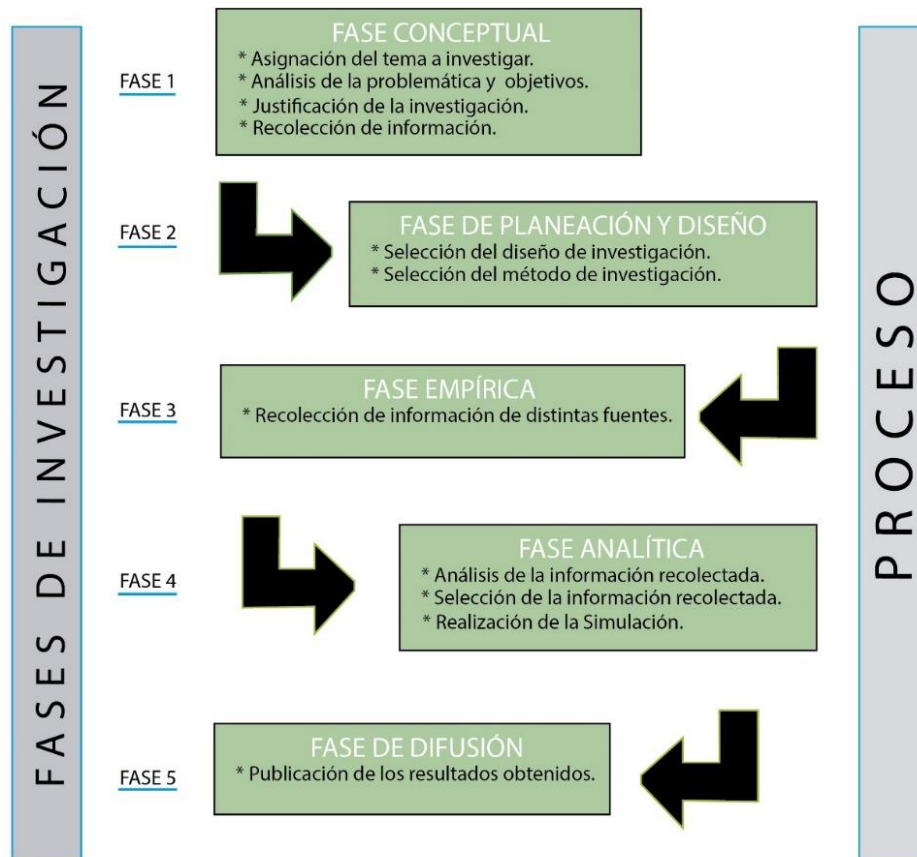


Figura 2. Proceso de la Investigación PLC
Fuente: Elaboración propia DMP

9.1 Power line communications

La tecnología PLC (Power Line Communications) también conocida como PLT (Power Line Telecommunications) o BPL (Broadband Power Line) es un sistema que utiliza las líneas de red eléctrica de baja y media tensión para proporcionar servicios de telecomunicaciones, por lo cual es posible compartir una conexión de internet mediante los conectores que se encuentran distribuidos en los edificios y así transmitir archivos de datos, audio y video, esto como una alternativa a las tecnologías ya existentes de acceso de banda ancha sin afectar el suministro de energía

eléctrica, ya que el rango de frecuencia de transmisión de datos es distinto.(Cañón, 2016)

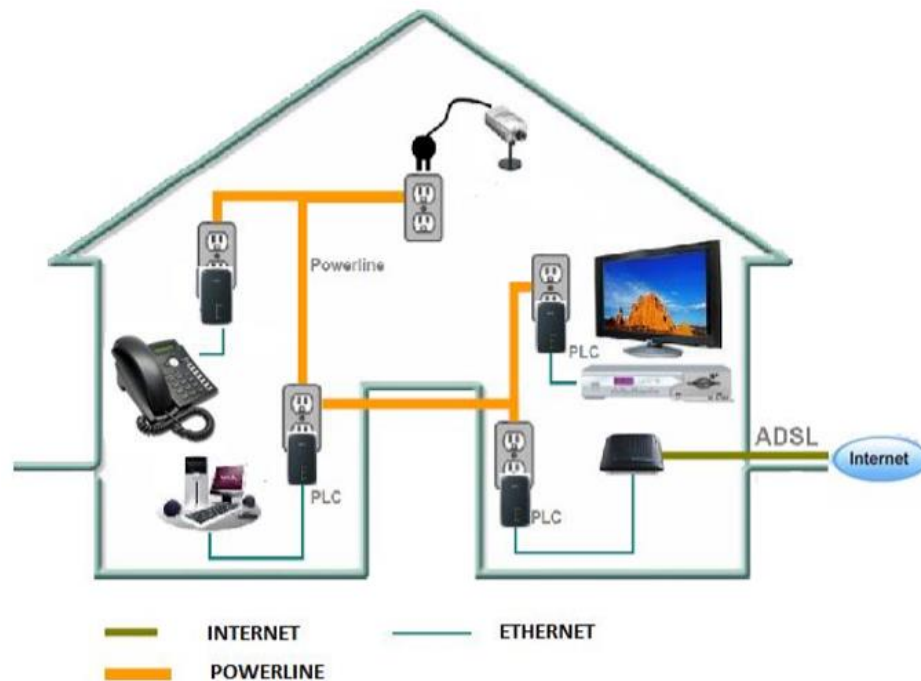


Figura 3. Red PLC interna
Fuente: (Chicaiza et al., 2015, P. 5)

9.2 Principios de la comunicación por PLC

La tecnología PLC no es completamente nueva, ya que desde hace años se comenzó a desarrollar dicha tecnología, no fue sino hasta el año 1950 que se comenzó a trabajar en ella, con una frecuencia que iba desde los 10 Hz a los 10 kW de potencia y solo contaba con comunicación en un solo sentido, esta funcionaba únicamente para el control de las líneas eléctricas y el control remoto de relés. Ya en 1980 fue cuando se comenzó una ardua investigación sobre el uso de la red eléctrica como un medio de transmisión de datos, pero de igual forma de una sola dirección. En el año de 1997 se comenzaron a realizar las primeras pruebas para una transmisión bidireccional de señales de datos a través de la red

eléctrica.(Serna, 2015)

Años después, en Francia aparecieron los primeros sistemas PLC de banda CENELEC, estos sistemas se extendían de 3 a 148,5 kHz y permitían comunicaciones bidireccionales a través de la red eléctrica de BT, como lo son la lectura de medidores remotos y distintas aplicaciones relacionadas con el campo de la domótica.

Hoy día la tecnología PLC es usada más comúnmente para aplicaciones de alta frecuencia, también conocidas como BPL.(Serna, 2015)

9.3 Ventajas de la tecnología PLC

Las comunicaciones que se llevan a cabo mediante la tecnología PLC cuentan con un gran número de ventajas, las cuales se enlistan en breve:

- La instalación es rápida, ya que únicamente se trata de una adaptación debido a que la tecnología PLC utiliza la red eléctrica doméstica previamente instalada, esto quiere decir que no requiere de la instalación de cables adicionales por lo cual la instalación de la tecnología es económica.
- Con esta tecnología es posible tener acceso a múltiples servicios, entre los más distintivos son:
 - Creación de entornos LAN y redes privadas.
 - Acceso de banda ancha a internet.
 - Telefonía IP.
 - Sistema de control de aplicaciones en el hogar.
 - Sistemas de teleconferencias y monitoreo remoto.
 - La instalación por parte del usuario es sencilla.

- El usuario puede realizar la conexión desde cualquier punto del hogar donde disponga de una toma eléctrica, lo cual permite dotar de movilidad al abonado.
- PLC trabaja a velocidades de transmisión altas (600 Mbps), permitiendo la distribución de datos, voz y video de manera rápida y confiable.
- Al estar ya implantada la red eléctrica permite llegar a cualquier punto geográfico, convirtiéndose con ello en la tecnología de telecomunicaciones más accesible.
- No se atenúa por obstáculos como por ejemplo las paredes, a diferencia de las tecnologías inalámbricas.
- Posibilidad de coexistencia con otras tecnologías de acceso a internet: xDSL, Fibra Óptica, WIFI, entre otras. (Chicaiza et al., 2015)

9.4 Limitaciones de la tecnología PLC

La tecnología PLC enfrenta diversas dificultades que afectan su desempeño, limitándola y evitando sacar todo el provecho de ella. Entre los problemas que restringen el desarrollo de los sistemas de comunicaciones PLC se encuentran los siguientes:

- Las redes de eléctricas tienen características que difieren de acuerdo a su topología, ubicación y tiempo de operación. El correcto funcionamiento de los sistemas PLC dependen de las buenas condiciones en las que se encuentre la red eléctrica, si esta se encuentra deteriorada, hay una mala instalación de la red o existen cables en mal estado lo conveniente sería realizar un reacondicionamiento de la red eléctrica para hacer posible la implementación de sistemas con tecnología PLC.

- La distancia es un fundamental para que la transmisión de datos sea optima entre el usuario y la subestación, por esto la distancia entre ellos debe ser corta. En el caso de que se manejen grandes distancias o incluso edificios altos, sería necesario del uso de repetidores PLC.
- El cable eléctrico no es un medio diseñado para transmitir datos por lo que tiene múltiples pérdidas, una parte la absorbe y el resto la irradia en cuyo caso actúa como antena retransmitiendo los datos hacia el exterior, violando la privacidad y confidencialidad de la comunicación. Con el objeto de superar este problema, algunos equipos PLC que se encuentran en el mercado disponen de circuitos integrados que permiten la encriptación de datos y manejan otros protocolos de seguridad.
- Existen muchas fuentes de interferencia electromagnética, tal es el caso de aparatos eléctricos conectados a la red como lo son taladros, motores, secadoras de cabello, etc, afectando la transmisión imposibilitando la buena calidad de transmisión. Para dar solución a estos problemas, es necesario localizar los equipos que causan la inestabilidad de la conexión y aislarlos mediante un filtro.
- Los transformadores imposibilitan el paso de las señales de datos, por lo que cada uno de dichos transformadores debe contar con su propio equipo PLC.
- Falta de estándares que faciliten la interoperabilidad entre productos de distintos fabricantes.(Membibre, 2019)

9.5 Arquitectura de red

Es bien sabido que las redes PLC pueden ser utilizadas desde una red LAN hasta a una red WAM, todo dependiendo de lo que se necesite en cada

uno de los casos, es posible considerar que los procesos llevados a cabo en el alta, media y baja tensión son similares y también es posible que estos tengan los mismos componentes o bloques entre sí, pero con valores de voltaje distintos.

La tecnología PLC tiene la posibilidad de ser implementada en distintas formas las cuales son parcial o total e inclusive in home, la forma más conveniente para tener el rendimiento máximo de la tecnología sería utilizar la forma total, aunque también es posible aprovechar gran parte de esta tecnología de forma parcial.

- **Total:** En este tipo de red las cabeceras o Gateway de PLC son instaladas cerca de los transformadores de alta y media tensión, aprovechando las características de la alta tensión para llevar a cabo la transmisión de datos, pasando por la línea de media tensión hasta llegar al usuario final a una red de baja tensión, llevando a cabo así el uso total de la tecnología PLC.
- **Parcial:** En el tipo de red parcial es necesario de un proveedor de los servicios de internet para este llegue a las líneas de baja tensión, dando así compatibilidad de la tecnología PLC, es decir que la red pasaría a ser híbrida y la señal que llega al Gateway que se encuentra cerca del transformador de media tensión, aunque es posible que pueda provenir de un distinto medio de transmisión como: fibra óptica, microondas, satelital, etc.
- **In Home:** En esta opción de tecnología PLC solo se contempla para una distribución local de la señal de información proveniente de cualquier otro tipo de tecnología, simplemente distribuye la señal en toda la línea eléctrica de área local donde se utilice.(González & Naciff, 2014)

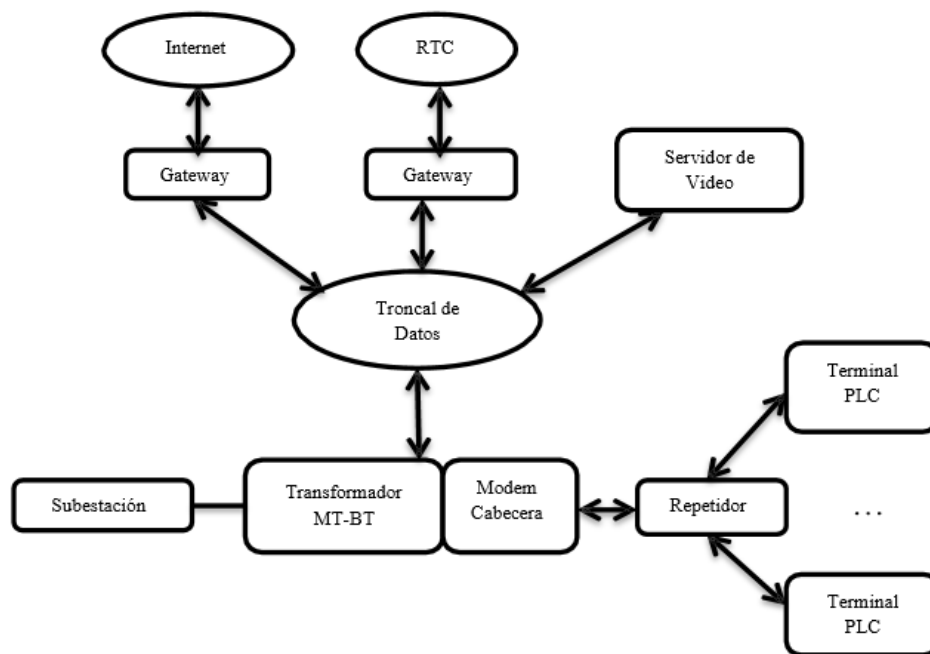


Figura 4. Estructura de la Arquitectura de Red PLC

Fuente: (Delgado & Moran, 2016, P.55)

Los equipos PLC se enlazan mediante las líneas de media y baja tensión a una red troncal de datos, lo cual permite llegar a los usuarios con una red de acceso a internet de gran alcance.

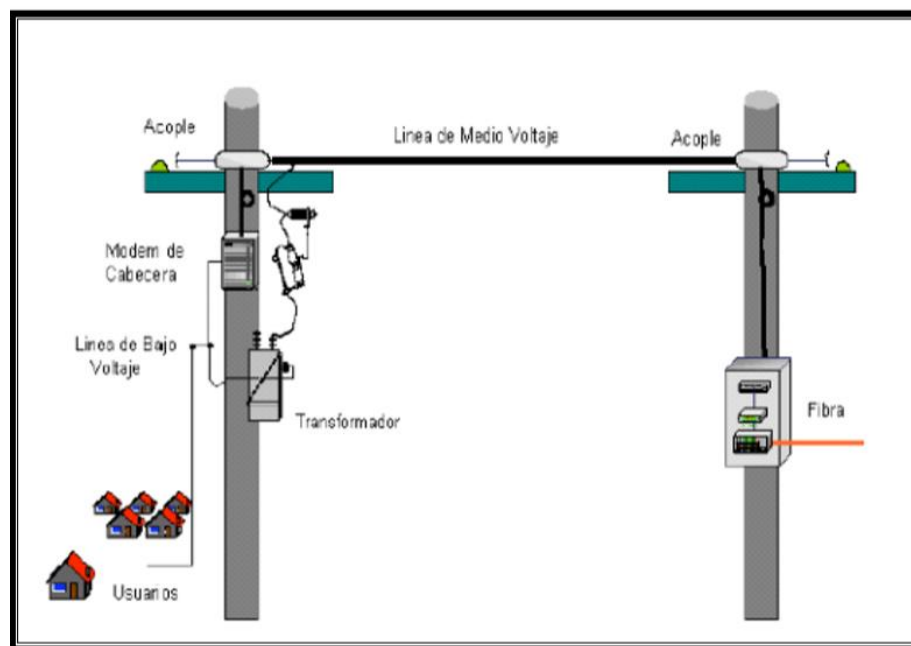
La arquitectura de la tecnología PLC se trabaja bajo dos tipos de sistemas:

- Outdoor
- Indoor

Estos dos sistemas están conformados por algunos componentes para poder comunicarse, los cuales son: cabecera o Gateway, en algunos casos se utiliza un repetidor, y módem PLC, los mismos que serán descritos con mayor profundidad más adelante. (Cortés & Salgado, 2014)

9.5.1 Sistema outdoor

El primer sistema es denominado como “Outdoor” o “de acceso”, este sistema de media tensión cubre el tramo el cual se le conoce como “última milla” dentro el ámbito de las telecomunicaciones, y que para caso de la red PLC comprende la infraestructura eléctrica la cual se transporta desde la línea de baja tensión que se encuentra en el transformador de distribución hasta el medidor de energía eléctrica del usuario (Moscoso, 2015). Este sistema se encuentra administrado por un equipo cabecera que conecta a esta red con la red de transporte de telecomunicaciones o Backbone (columna vertebral de una red). De esa manera el equipo de cabecera da a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte. Dentro de este sistema el utilizado el rango de frecuencias que va de entre 3 MHz a 12 MHz (Cortés & Salgado, 2014), ya que así se tiene una mejor respuesta a la distancia debido a que alcanza a cubrir los 200 metros, pero incluso puede llegar iniciar con una frecuencia de 1.6 MHz, todo dependiendo a las configuraciones con las que sea instalado.

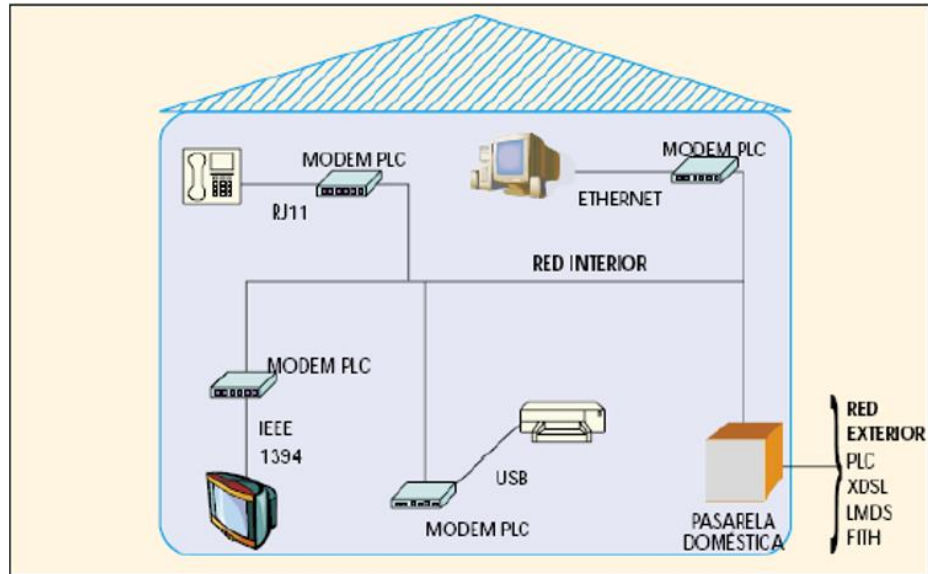


*Figura 5. Sistema Outdoor PLC
Fuente:(Moscoso, 2015), Pág. 9*

9.5.2 Sistema indoor

El segundo sistema PLC se denomina “Indoor” o “Red doméstica”, este tipo de sistema de baja tensión solamente alcanza a cubrir el tramo que llega desde el medidor de energía eléctrica del usuario hasta los enchufes que se encuentran ubicados al interior de los hogares. Para poder realizar su función y comunicar los dos sistemas, es necesario de un repetidor de señal, el cual generalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica, de esta manera repetidor recolecta la señal proveniente de la cabecera que se encuentra en el sistema outdoor y el sistema indoor utiliza el cableado de energía eléctrica del recinto, permitiendo las comunicaciones internas y la creación de redes LAN. También, es posible utilizar únicamente un Gateway, ya que este dispositivo funciona como cabecera y repetidor, y sin ningún problema puede ser instalado ya sea cerca del transformador o en el entorno del medidor de energía eléctrica de la vivienda. Una vez realizada esa conexión continuamos con los Módems o Adaptadores PLC, los cuales se encuentran instalados dentro del domicilio, estos dispositivos simplemente son distribuidos a lo largo del hogar del usuario y cuentan con entradas Ethernet y señal Wi-Fi para la conexión con periféricos. (Moscoso, 2015)

Sin embargo, una forma más sencilla de utilizar el sistema Indoor es InHome a través del ISP, ya que este provee un modem para la transmisión del servicio de internet y únicamente sería necesario interconectar dicho modem con algún modem PLC que se encuentre conectado a la línea de energía eléctrica del hogar y de la misma manera realizar la distribución en el domicilio con más dispositivos como ya se mencionó anteriormente, así el servicio de internet viajaría a través de la red eléctrica sin afectarse las redes entre sí, ya que ambos servicios operan en frecuencias distintas por lo cual son distantes una de la otra.



*Figura 6. Sistema Indoor PLC
Fuente: (Moscoso, 2015), Pág. 11*

El sistema Indoor cuenta con algunas características similares a las del sistema Outdoor, sin embargo, tiene sus diferencias en sus dimensiones, ya que la distancia que el sistema Indoor alcanza a cubrir es menor, alrededor de 50m. En este tramo se utiliza el rango de frecuencias de 13 MHz a 30 MHz.

Ejemplos de la aplicación de una red Indoor:

- Mensajería
- Televisión
- Música y radio
- Domótica
- Telefonía
- Seguridad

En general, el módem PLC obtiene la señal proveniente del módem de cabecera o Gateway del sistema Outdoor, el cual inyecta la señal en el tramo Indoor. De esta manera, tanto la energía eléctrica como la información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir la red

eléctrica. (Cortés & Salgado, 2014)

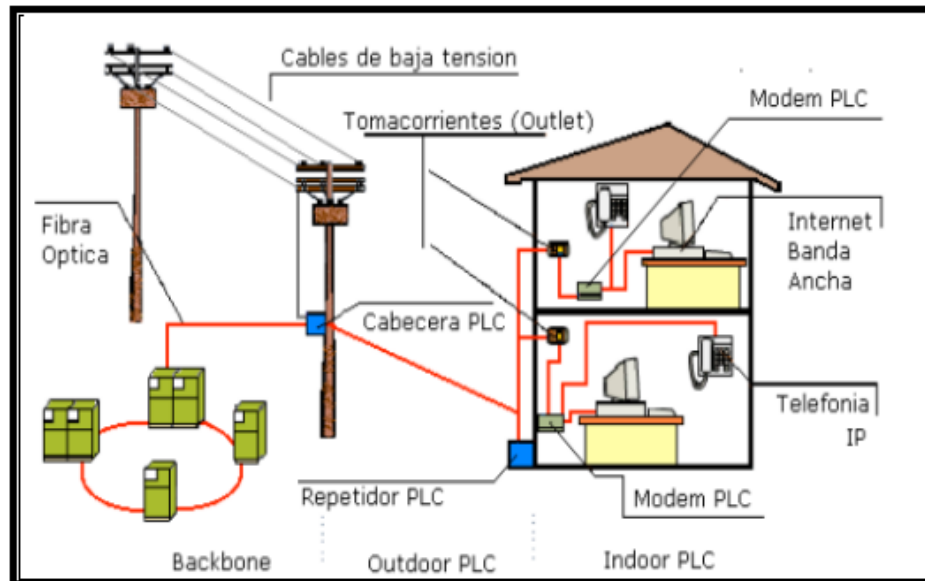


Figura 7. Arquitectura General de una Red PLC
Fuente: (Moscoso, 2015)

9.6 Componentes de la red PLC

Para poder implementar una red de con acceso PLC de baja tensión son necesarios distintos componentes, los cuales son:

- Acopladores
- Equipo de Cabecera / Gateway
 - Repetidor
- CPE / Modem de Usuario PLC

9.6.1 Acopladores

En el esquema general de una red PLC se lleva a cabo el siguiente proceso, al transformador llega un acceso de banda ancha a través de fibra óptica, GPRS u otro tipo de tecnología suministrado por algún ISP (Proveedor del Servicio de Internet), cerca del transformador es donde se instala la cabecera, esta se encarga de distribuir los datos a los diferentes usuarios

que comparten el circuito eléctrico, en este proceso es necesario del uso de acopladores. Un acoplador protege el equipo PLC, y permite la adaptación e inyección de señales digitales, de la misma forma evitan que las señales sean enviadas a través del transformador para que no se generen errores en la red.

Existen dos tipos de acoplamiento:

Acoplamiento Capacitivo: Este tipo de acopladores maximizan el ancho de banda disponible y optimizan la adaptación de impedancias entre, ya sea la línea de media tensión o baja tensión y el equipo de comunicaciones. Su alta capacidad de aislamiento brinda una excelente seguridad, ya sea dando protección a los operarios y/o a los equipos de comunicaciones.(Cañón, 2016)



Figura 8. Acoplador capacitivo BPL UNDERCAP

Fuente: (Arteche, 2019)

Recuperado de: <https://www.artech.com/es/productos/acoplador-capacitivo-bpl-undercap>



Figura 9. Acoplador capacitivo BPL OVERCAP

Fuente: (Arteche, 2019)

Recuperado de: <https://www.artech.com/es/productos/acoplador-capacitivo-bpl-overcap>

Acoplamiento Inductivo: Este tipo de acopladores ofrecen una transmisión de alta frecuencia sin tener algún riesgo en la red eléctrica. Estos efectúan el acoplamiento sin la necesidad de tener contacto directo, esto mediante la generación de un campo magnético alrededor del cable, lo que provocan inyección de señal de datos en él. Si bien, estos acopladores tienen una mayor cantidad de pérdida que los acopladores capacitivos, presentan la ventaja de manipular la instalación sin la necesidad de interrumpir la corriente.(Cañón, 2016)



Figura 10. Acoplador inductivo MICU 300A-S/LF

Fuente: (PREMO, 2019)

Recuperado de: <https://www.grupopremo.com/593-micu-300a-slf>

Los acopladores brindan la seguridad de la tecnología PLC. (Cañón, 2016)

9.6.2 Equipo de cabecera (HE) / Gateway

El equipo de cabecera o head-end (HE) normalmente es un Gateway de alta velocidad, que opera entre la red Powerline, tiene tres modos de funcionamiento, Máster, Esclavo y de Repetidor. El Gateway es ideal como unidad Head-End para controlar una red de acceso de baja tensión en la última milla porque tiene la posibilidad de funcionar como repetidor, así que no es necesario adquirir el dispositivo de repetidor por separado, puesto que el Gateway realiza su función.

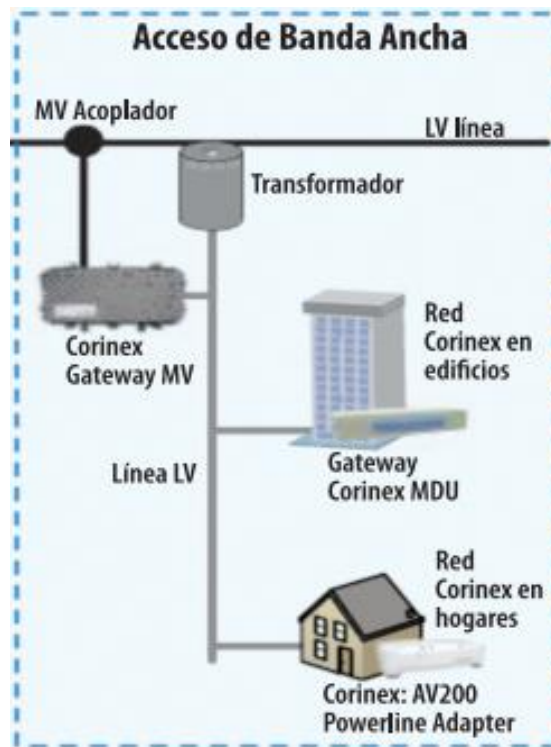


Figura 11. Arquitectura de red PLC con dispositivo Gateway

Fuente: (Corinex, 2019)

Recuperado de: <https://www.yumpu.com/es/document/read/3624992/corinex-medium-voltage-access-gateways>

El Gateway consiste en un router que contiene una tarjeta módem con tecnología Power Line que se encarga de coordinar la frecuencia y

actividad de los equipos que conforman la red, además convierte los datos de la red PLC de baja tensión al estándar de Internet, también se encarga de interconectar las diferentes redes de servicio con la línea de baja tensión y garantiza una conexión alta velocidad de forma que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos durante la transmisión, Este equipo de cabecera es proporcionado por la compañía proveedora de electricidad y es muy común que se encuentre localizada junto a los transformadores de baja tensión. (González & Naciff, 2014)



Figura 12. Medium Voltage Access Gateway

Fuente: (Corinex, 2018)

Recuperado de: <https://www.yumpu.com/es/document/view/3624992/corinex-medium-voltage-access-gateways>

9.6.3 Customer premises equipment /modem de usuario PLC

El CPE (Customer Premises Equipment) o también llamado Modem de Usuario PLC se encuentra instalado en el recinto de los usuarios, este dispositivo se sitúa directamente a la red eléctrica a través de los enchufes del edificio o cajas de conexiones de suministro de energía. El funcionamiento principal del CPE es interpretar y traducir las señales de la línea, ya que contienen la información necesaria para poder acceder a internet y a los servicios telefónicos de voz.

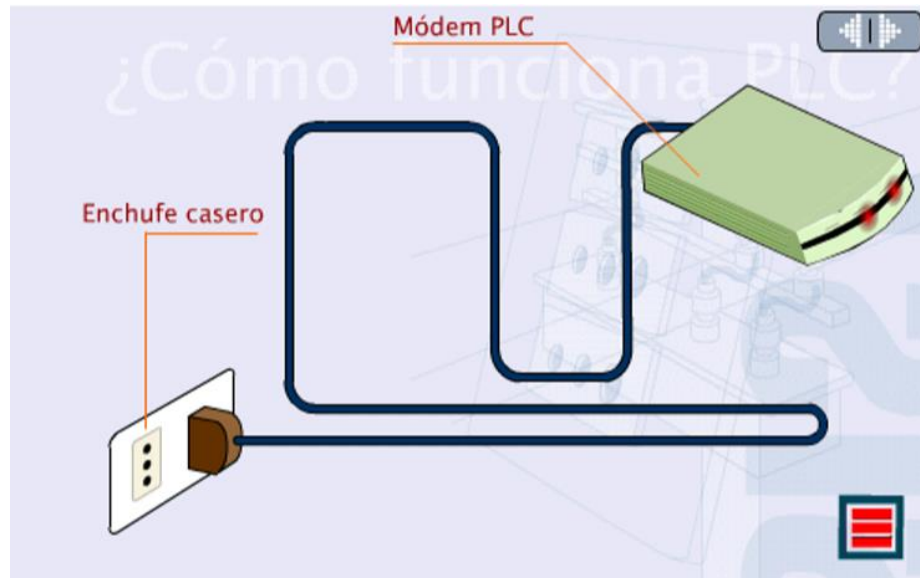


Figura 13. Ejemplo del uso del Modem PLC
Fuente: (Delgado & Moran, 2016, P.53)

Los datos enviados por los usuarios son transmitidos desde el CPE hasta la cabecera, para que pueda entrar en funcionamiento el dispositivo CPE es necesario que este sea configurado con anterioridad para que de esta manera pueda ser admitido por la cabecera, ya que tiene la característica de ser la unidad esclava del mismo, una vez configurado será posible que el dispositivo sea parte de la red PLC y se le asigne el canal de acceso necesario para la transmisión y recepción de datos. En caso de que se utilice la red PLC InHome, la configuración de los dispositivos tendría que hacerse con el modem que proporciona el ISP.



Figura 14. Kit Extensor Powerline WiFi AV600

Fuente: (Tp-Link, 2019)

Recuperado de: <https://www.tp-link.com/es/home-networking/powerline/tl-wpa4221-kit/>

Los dispositivos CPE cuentan con puertos Ethernet, los cuales permiten la conexión de cualquier periférico IP y un conector telefónico el cual permite la conexión de un teléfono analógico a través de la red eléctrica. (González & Naciff, 2014)

9.7 Modelo OSI

“El modelo básico de referencia OSI, o simplemente modelo OSI, afronta el problema de las comunicaciones de datos y redes informáticas dividiéndolo en niveles”(Gallardo, 2019), este es un modelo de referencia para los protocolos de comunicación de las redes informáticas o redes de computadoras.

El modelo OSI está basado en una propuesta desarrollada por la ISO (Organización Internacional de Estándares) como un primer paso hacia la estandarización internacional de los protocolos utilizados en varias capas. El modelo se llama OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos) de ISO porque tiene que ver con la conexión de sistemas abiertos, es decir sistemas que están abiertos a la comunicación con otros sistemas. (Gallardo, 2019)

De acuerdo al modelo OSI los protocolos de comunicación están clasificados en siete capas distintas las cuales definen las fases que atraviesa la información en el desplazamiento de un dispositivo electrónico a otro conectado en la red, sin importar la ubicación geográfica del usuario ni la tecnología utilizada, todos los medios de interconexión global emplean este tipo de protocolos unificados.



Figura 15. Modelo de Referencia OSI
Fuente: (Martín et al., 2019)

9.7.1 Capa física

Es la capa más baja del modelo, se encarga de la topología de red y las conexiones globales entre la computadora y la red. En esta capa se lleva a

cabo la transmisión de bits a través de un canal de comunicación. Los aspectos del diseño implican asegurarse que cuando de un lado se envía un bit de tipo 1, este se reciba en el otro lado como tal y no como un bit de tipo 0.

9.7.2 Capa de enlace de datos

La tarea principal de esta capa es transformar un medio de transmisión puro en una línea de comunicación que, al llegar a la capa de red, aparezca libre de errores de transmisión. Logra esta tarea haciendo que el emisor fragmente los datos de entrada en tramas de datos y transmitiendo las tramas de manera secuencial. Si el servicio es confiable, el receptor confirma la recepción correcta de cada trama devolviendo una trama de confirmación de recepción.

9.7.3 Capa de red

Se encarga del direccionamiento y elección de mejor ruta, así como la conectividad para una transferencia confiable.

9.7.4 Capa de transporte

Aquí es donde se realiza el transporte de los datos que se hallan dentro de cada paquete desde la computadora de origen hasta la de destino, pues consiste en aceptar los datos provenientes de las capas superiores, y en su caso dividirlos en unidades más pequeñas para pasarlas a la capa de red y asegurarse de que todas las piezas lleguen correctamente al otro extremo.

9.7.5 Capa de sesión

Esta capa permite que los usuarios de dispositivos diferentes establezcan entre ellos.

9.7.6 Capa de presentación

La capa de presentación se encarga de la sintaxis y semántica de la información transmitida, ya que esta capa transforma una estructura de datos en un formato estándar para la transmisión garantizando que los datos recibidos en cualquier extremo de la red sean del todo reconocibles sin importar el tipo de sistema empleado.

9.7.7 Capa de aplicación

Esta capa proporciona la interfaz final de usuario. (Martín et al., 2019)

9.8 Modelo OSI en tecnologías PLC

La línea eléctrica es un medio de comunicación ruidoso, lo cual afecta considerablemente el rendimiento del sistema tanto en velocidad, ancho de banda, probabilidad de error, entre otros. Por lo tanto, es necesario implementar mecanismos de transmisión y protocolos adecuados para subsanar dichas condiciones.

Ya que todo medio de interconexión global existente implementa el modelo de referencia OSI, la tecnología PLC no es la excepción, puesto que para comunicar los nodos de PLC es necesario utilizar protocolos de comunicación, sin embargo, en este caso no es necesario el uso de las siete capas de dicho modelo, la tecnología PLC trabaja únicamente en los protocolos de la capa física y la capa de enlace de datos. (González & Naciff, 2014)

9.8.1 Capa física en PLC

La capa física en una red PLC tiene la ventaja de que cuenta con

infraestructura ya instalada lo cual provoca un ahorro en su instalación, sin embargo tiene con la característica de ser robusta, ya que se encarga de especificar la modulación, codificación y el formato de los paquetes, además, tiene que especificar las variables eléctricas, mecánicas y funcionales para poder activar y mantener un enlace físico entre distintos elementos de la tecnología PLC, puesto que a este nivel cualquier nodo debe ser capaz de enviar y recibir bits a un nodo distinto que se encuentre conectado dentro de la misma red eléctrica. (Moscoso, 2015)

La tecnología PLC dicta que la red eléctrica es el principal soporte de la comunicación, sin embargo, tiene algunos problemas, los cuales tienen que ver con la atenuación, el ruido y la distorsión del comportamiento y desempeño del canal, por lo cual es necesario tomar en cuenta ciertos aspectos al momento de llevar a cabo el desarrollo de la capa física, algunos de estos aspectos son:

- Características del medio de transmisión
- Tratamiento de señal
- Conexión a tierra de los equipos de comunicación
- Topología física PLC
- Modulación
- Frecuencias de operación
- Niveles de radiación y potencia de señal
- Características físicas y eléctricas de los equipos

No obstante, dentro de la capa física de PLC es necesaria la utilización de OFDM como técnica de modulación para contrarrestar los problemas que presenta la red eléctrica y de esta manera poder mejorar el rendimiento de las conexiones. (Moscoso, 2015)

9.8.1.1 Canal de comunicación

En un canal operan distintos tipos de señales como lo son el ruido e interferencias que son causadas por fuentes que se mezclan con la señal de energía eléctrica donde las líneas no trabajan a cargas constantes, puesto que los dispositivos eléctricos que existen en los hogares son enchufados y desenchufados en cualquier momento lo que causa cambios en las características del canal, esto afecta su funcionamiento.

La tecnología PLC en un canal de comunicaciones introduce atenuaciones y cambio de fase de las señales, ya que es un medio de transmisión que principalmente fue diseñado solo para el transporte de energía eléctrica. El canal PLC puede ser considerado como un canal de múltiples vías debido a las reflexiones ocasionadas por discontinuidades de impedancia lo cual genera una pérdida de señal en la frecuencia.

9.8.2 Capa de enlace de datos en PLC

Como la tecnología PLC se rige principalmente por los protocolos de la capa de enlace es necesario que esta capa lleve a cabo la organización de los datos en paquetes lógicos los cuales serán convertidos a señales binarias para agregarlas a la capa física y viceversa. Al ser PLC completamente compatible con el estándar OSI, este tiene la capacidad de compartir conexiones con usuarios de Ethernet y distintos estándares más.

Es necesario tener en cuenta las técnicas de control, corrección de errores y fragmentación de los paquetes en la capa de enlace, ya que es necesario brindar una comunicación sólida, rápida y segura a través de la red eléctrica, por lo cual, para llevar a cabo los objetivos se debe trabajar con la subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC). (Cortés & Salgado, 2014)

9.8.2.1 Subcapa de control de acceso al medio (MAC)

La subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC), especifica los protocolos de acceso al canal que indican la mejor manera de transmitir tramas de información por el medio. En esta subcapa se deben tomar en cuenta algunas características para acceder al medio:

- Frecuencia Variable.
- Propagación Multitrayectoria de la Señal.
- No hay límite de distancia entre dos nodos de red.
- Múltiples nodos pueden retransmitir simultáneamente.

La técnica usada en redes PLC es CSMA/AC, es el protocolo de Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Prevención de Colisiones, esta técnica puede ser descrita de la siguiente manera:

- 1) En el momento en el que una estación desea transmitir, primero se dispone a escuchar el canal.
- 2) Si se detecta que el canal no está disponible entonces extiende el periodo de espera hasta que el canal se encuentre disponible
- 3) Una vez libre el canal este transmite la trama.
- 4) Si detecta una colisión tanto del transmisor como del receptor, entonces dejan de transmitir y recibir respectivamente, posteriormente se intenta retransmitir en otro tiempo aleatorio empezando una vez más el proceso. (González & Naciff, 2014)

9.8.2.2 Subcapa de control de enlace lógico (LLC)

Esta subcapa maneja el control de errores, el control de flujo, entre otros, además, se encarga de la organización de los bits en tramas, que posteriormente serán convertidas en señales binarias. (González & Naciff, 2014)

9.9 Técnicas de modulación para tecnologías PLC

Como se ha mencionado anteriormente, sabemos que la tecnología PLC usa las líneas eléctricas como medio de transmisión, pero estas no fueron pensadas para la transmisión de datos lo que ocasiona diferentes problemas de transferencia, entre los más notables están:

- La atenuación se incrementa con la frecuencia y la distancia a la que se encuentre.
- Impedancia que varía con el tiempo en un rango extenso
- Multicamino y malas condiciones debido al ruido que provocan las líneas de corriente eléctrica.(Peláez & Jiménez, 2018)

El principio de PLC consiste en la superposición de una señal de alta frecuencia que van desde 1,6 a los 30 MHz (Serna, 2015), todo esto dependiendo del sistema, y aunque hasta el momento no existe un estándar pactado para los sistemas PLC, debido a que existen diversos tipos de sistemas los cuales no son compatibles entre sí, sin embargo, a lo largo de los años ha sido posible el uso de diversos tipos de modulación de las señales para la tecnología PLC, si bien, no todos estos han sido buenos para el uso de la tecnología, si han servido para ver los principales fallos y mejorarlos.

Principales tipos de modulaciones utilizados para la tecnología PLC son:

- **DSSSM** “Direct Sequence Spread Spectrum Modulation”, su característica principal es que puede operar con baja densidad de potencia espectral.
- **GMSK** “Gaussian Minimum Shift Keying”, una de sus características es que optimiza el uso del ancho de banda.
- **OFDM** “Orthogonal Frequency Division Multiplex”, utiliza un

gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos.

- **SS** “Spread Spectrum”, permite una mejor adaptación de la señal al medio de transmisión y más resistencia a la interferencia.
- **DMT** “Discrete Multi-Tone Modulation”, es tomada con facilidad por el tomacorriente estándar y en teoría llega a permitir tasas de datos de 100 Mbps.
- **ASK** “Amplitude Shift Keying”, representa la señal de información binaria como variaciones de la amplitud de una señal portadora analógica.
- **FSK** “Frequency Shift Keying”, en esta, la señal de información binaria se representa mediante la variación de la frecuencia de la señal portadora.
- **PSK** “Phase Shift Keying”, consiste en provocar un cambio de fase de 180 grados de la señal portadora para representar los datos binarios 0 y 1.
- A pesar de que es posible utilizar cualquiera de estos tipos de modulación, el tipo de modulación con mayor aceptación es OFDM, además que también es utilizado en estándares IEEE para redes de área metropolitana inalámbricas.(Avecilla, 2018)

9.9.1 Modulación OFDM

La Modulación por División en Frecuencias Ortogonales o OFDM es un caso especial de modulación multiportadora (MCM), la cual su principio es transmitir datos dividiendo el flujo en varios flujos de bits paralelos y modulando cada uno de estos flujos de datos en portadoras o subportadoras individuales. (Corral, 2016)

Este mecanismo de modulación es el que mejor se acopla a la tecnología PLC, ya que cuenta con las características para tratar los problemas con los que cuenta la tecnología, pues este mecanismo tiene alta tolerancia al

ruido, puesto que maneja adecuadamente los cambios de impedancia y las multitrayectorias producto de las reflexiones. Algunas de las características de la modulación OFDM son los siguientes:

- División del canal en varios subcanales paralelos.
- Uso de subportadoras.
- Inmunidad al ruido e interferencias.
- Alta eficiencia espectral.
- Acceso múltiple.

9.10 Topologías de red

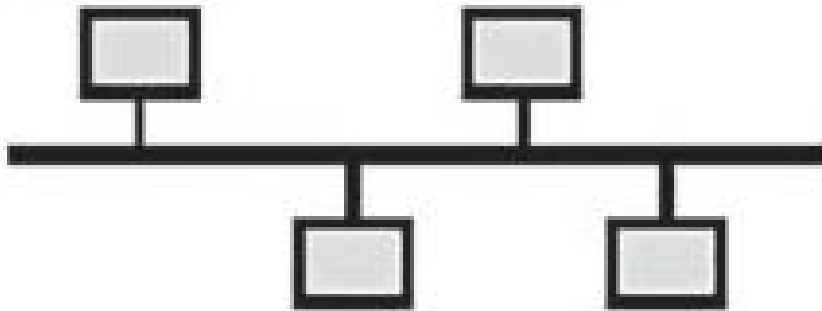
Las redes son grandes máquinas que se extienden por distintos espacios, ya sea desde unos cuantos metros hasta miles de kilómetros, por lo cual hay que tener en cuenta la forma en la que se puede adoptar una red. Se habla de topologías de red, estas son definidas como la configuración o forma que adoptan las interconexiones entre los equipos. (Martín et al., 2019)

Es conveniente que antes de describir las topologías de red más comunes se hable sobre topología física y topología lógica. Es distinto la forma en la que se encuentren enlazados los equipos desde un punto de vista físico y visual a la forma en la que se entienden entre si a nivel lógico, por ejemplo, podría ocurrir que los computadores de una red se encuentren enlazados a través de cable en forma de estrella, pero sin embargo estos se comuniquen mediante un bus que se encuentre en uno de los computadores.

Existen distintos tipos de topologías de red, las cuales se pueden encontrar en diversas redes reales, estos son los siguientes:

Topología de Bus

La topología de bus es usada normalmente en redes Ethernet, esta es la estructura más utilizada en redes pequeñas. Todas las estaciones de trabajo con el servidor incluido, están enlazadas a un segmento de red a través de un cable propio que lleva una resistencia terminal en cada extremo construyendo una red en forma de tronco. En el momento en el que algún computador pone una trama, todos los demás computadores conectados a la red recogen la trama y verifican si son ellos el destinatario, en caso de que si sea el destinatario algún computador, se queda la trama, si no, únicamente la rechazan. Las estaciones tienen la capacidad de comunicarse al bus a través de un *transceiver*, lo que hace posible retirar una de ellas durante el funcionamiento de la red sin que provoque un paro total de la red. (Martín et al., 2019)



*Figura 16. Topología de Bus
Fuente: (Escaño et al., 2019)*

Topología de Estrella

La topología estrella es la estructura clásica de red más antigua, en ella cada ordenador tiene un enlace dedicado a un controlador central, esta puede ser solo una unión física de cables. Cuando un ordenador coloca una trama en la red, esta aparece casi al mismo tiempo en todas las entradas del resto de ordenadores. Este tipo de topología se utiliza con mayor frecuencia en redes mucho más extensas que las locales. A pesar de ser un tipo de topología funcional, no es tan práctico que solo se utilice

un único equipo para actuar como intermediario, ya que posiblemente la red sería sensible a fallos, aunque algunas veces se suele utilizar más de un solo equipo. Sin embargo, la topología estrella ofrece una buena modulación, lo cual permite aislar una estación defectuosa sin problema alguno, evitando crear un error en la red. (Martín et al., 2019)

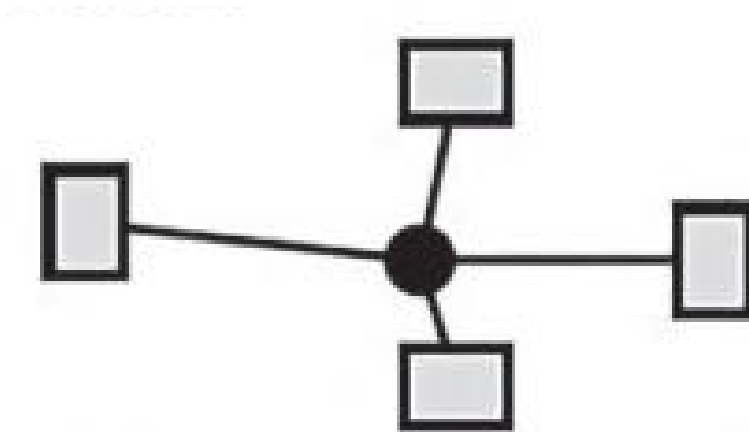


Figura 17. Topología de Estrella
Fuente: (Escaño et al., 2019)

Topología de Anillo

La topología de anillo consiste en que cada uno de los ordenadores son conectados a dos ordenadores más construyendo una línea de conexión a todos los dispositivos de la red, lo que conlleva a la formación de una red en forma de anillo. Cada vez que un ordenador desea enviar una trama a otro, esta tiene que pasar por todos los ordenadores que existen en el medio hasta alcanzar el ordenador que tiene como destino, la circulación de la información a través del anillo es únicamente unidireccional. Sin embargo, si el anillo cerrado queda interrumpido por el fallo de una estación de trabajo, entonces toda la red dejaría de funcionar. Hoy en día la topología en anillo se utiliza más que nada para redes de área extensa como las redes de fibra óptica. (Martín et al., 2019)

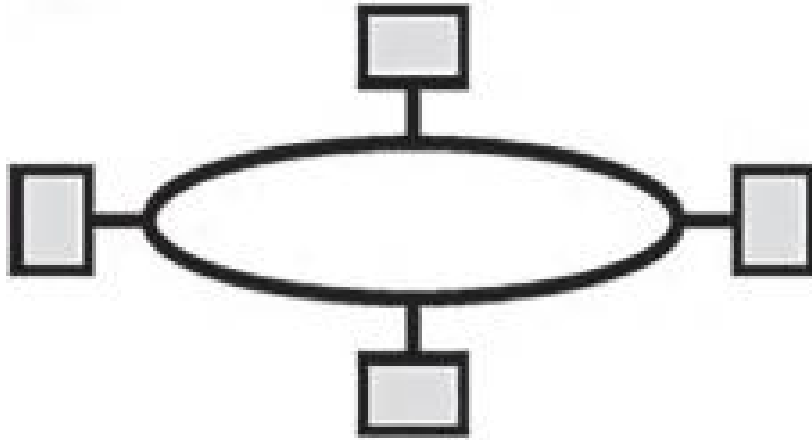


Figura 18. Topología en Anillo
Fuente: (Escaño et al., 2019, P.111)

Topología de Árbol o Jerárquica

Este tipo de topología es similar a la topología de estrella, ya que las redes en árbol pueden tener ramas con distintos nodos. Las transmisiones desde una estación se propagan a lo largo del medio y todas las demás estaciones las reciben. La topología permite establecer una jerarquía clasificando a las estaciones en grupos y niveles según el nodo al que se encuentran conectadas y su distancia jerárquica al nodo central. Esta reduce la longitud de los medios de comunicación incrementando el número de nodos. También se adapta a redes con grandes distancias geográficas y predomina de tráfico local, estas características están más relacionadas con una red pública de datos que a una red privada local. (Martín et al., 2019)

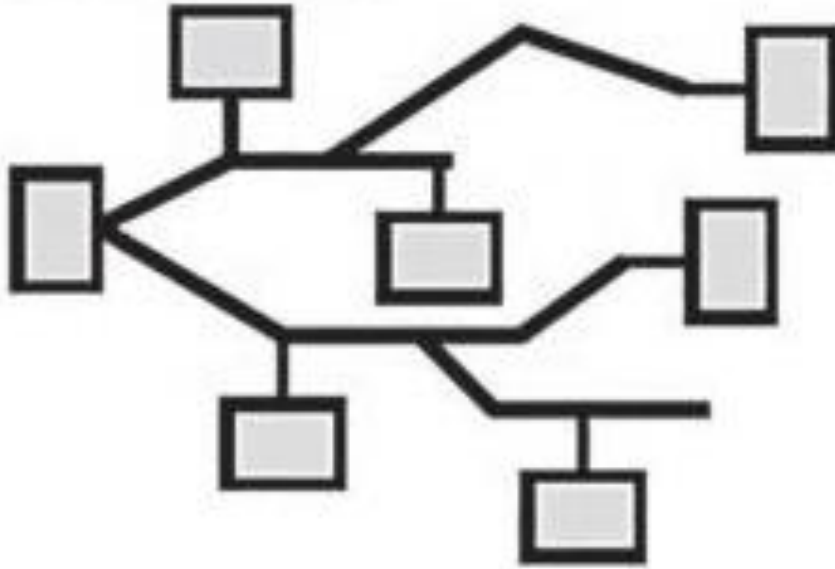
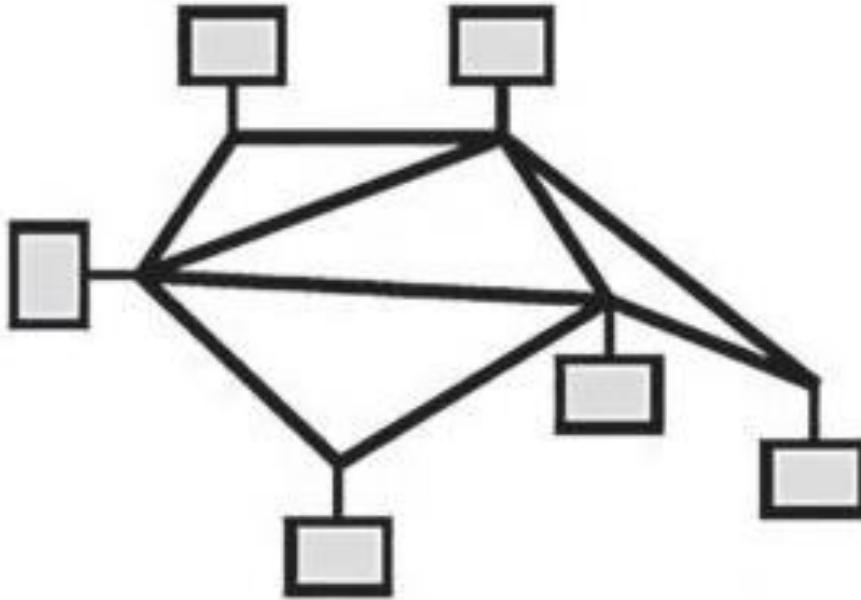


Figura 19. Topología de Árbol
Fuente: (Escalaño et al., 2019)

Topología de Malla

En esta topología de red la configuración en cada dispositivo tiene un enlace punto a punto dedicado con cualquier otro dispositivo de la red. Los dispositivos que forman la red pueden ser nodos de reenvío y enrutamiento (router) o equipos finales (PC). La topología de malla ofrece algunas ventajas con respecto al resto de topologías de red, por ejemplo, esta topología ofrece mayor tolerancia a fallos y fiabilidad en la red, también, el uso de enlaces dedicados garantiza que cada conexión transporte únicamente datos entre los dispositivos con los que se interconecta, lo cual ayuda eliminando el problema de la pérdida de datos que se transportan en la red, puesto que solo se perderían los datos que se transportan en ese único enlace. Sin embargo, la topología de malla también sufre de algunas desventajas como lo son la cantidad excesiva de cable y el número de dispositivos necesarios para la interconexión (puertos de entrada y salida necesarios), lo cual provoca un incremento de costes en comparación a otras topologías. (Martín et al., 2019)



*Figura 20. Topología de Malla
Fuente: (Esaño et al., 2019)*

9.11 Topologías de red PLC

Como se sabe, para el uso de la tecnología PLC es necesario del uso de las líneas eléctricas de MT y BT como medio de transmisión conectándose a una red troncal de datos, lo cual permite hacer conexiones a edificios que se encuentren cerca de la red dando acceso a internet (Cortés & Salgado, 2014). Por lo general la topología de una red PLC es la misma que usa la red de energía eléctrica, sin embargo, es posible asignar un tipo de topología que convenga a la red PLC.

La manera en la que está diseñada la red PLC se divide en dos partes: Topología Física, la cual es la disposición real de los cables eléctricos y la otra parte es la Topología Lógica, la cual asigna la manera en la que los hosts acceden a los medios para poder enviar datos.

9.11.1 Topología física de red PLC

Existen diversos factores que pueden llegar a influir en la topología de una red PLC, estos pueden ser la localización, densidad de usuarios, longitud y diseño de la red. Sin embargo, la tecnología PLC puede usar dos tipos de topologías, ya sea topología en estrella o topología en árbol, para las zonas que edificaciones que tienen alta y baja densidad de usuarios, aunque por lo regular la tecnología PLC utiliza la misma topología de red eléctrica que es de tipo árbol.

9.11.1.1 Topología de árbol en PLC

Es la topología más sencilla en PLC, la topología PLC en árbol tiene un HE instalado en el transformador y varios repetidores dependiendo de las distancias de conexión.

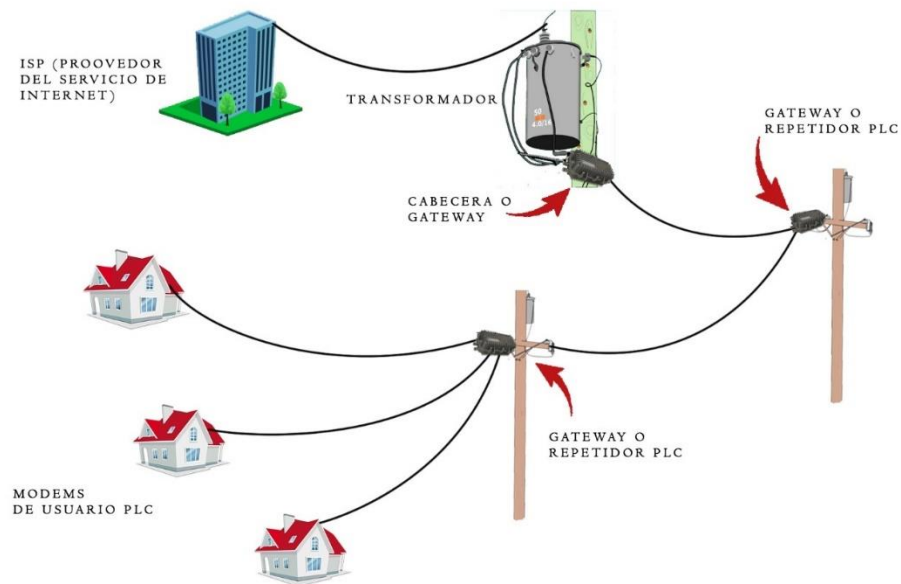
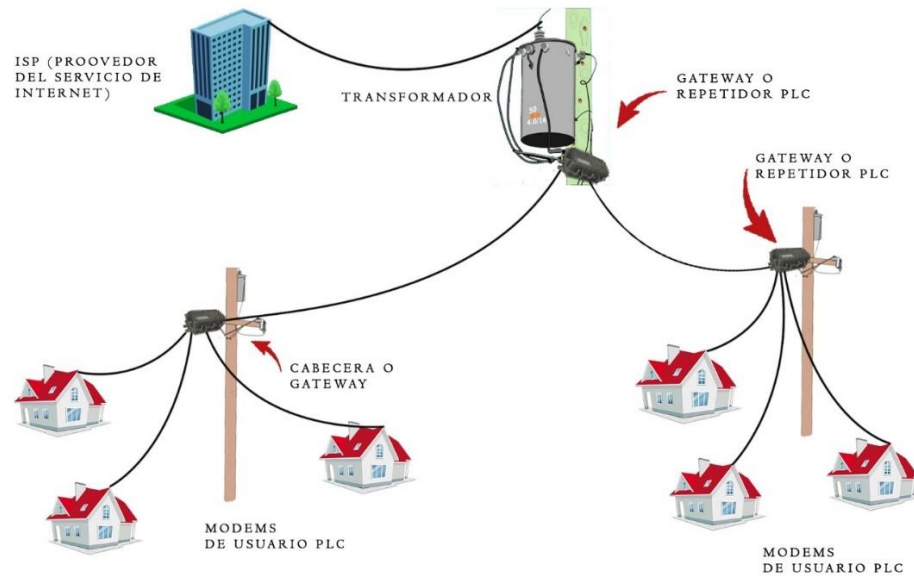


Figura 21. Topología de Árbol PLC
Fuente: Elaboración Propia DMP

9.11.1.2 Topología estrella

En la topología de estrella normalmente la cabecera está instalada junto al

transformador de media tensión y los repetidores se instalan cerca de los usuarios, pero como en la mayoría de casos se utiliza un dispositivo Gateway como cabecera y repetidor, sin ningún tipo de problema al momento instalarlo en la red, todo dependería de cada caso en particular.



*Figura 22. Topología Estrella PLC
Fuente: Elaboración Propia DMP*

9.11.2 Topología lógica de red PLC

La topología lógica está dada por la forma en la que viaja la información o los hosts a través de la red eléctrica utilizando una red de tipo bus, lo cual quiere decir que se conectan la estación de red a una estación base, con lo cual es posible proveer de la comunicación a toda la red eléctrica. La información que va de la estación base se detecta por todos los nodos, aunque solamente es aceptada por el nodo al que va dirigido. (Cortés & Salgado, 2014)

10.ESTADO DEL ARTE

El estado del arte muestra el resultado de la recolección de los datos a través de una breve descripción de diversas fuentes consultadas que se especializan en un mismo tema principal, dichas descripciones abordan el tema desde distintos puntos de vista con lo cual es posible obtener una mejor perspectiva del tema en general.

10.1 Antecedentes

- a) Se publicó un artículo titulado *Comunicaciones a través de la red eléctrica PLC*. En el artículo se describe como es que funciona la tecnología PLC y la forma en la que es capaz de transmitir datos de banda ancha a través de la red eléctrica, de la misma forma explica que es posible compartir una conexión de internet en una determinada área por medio de las conexiones eléctricas con unidades especiales previamente instaladas (Serna, 2015)

- b) En la tesis titulada *Evaluación de la compatibilidad entre los servicios de radiocomunicación y los sistemas Power Line Communications* presentan la historia de la tecnología PLC, así como su funcionamiento con la energía eléctrica, su comportamiento y adaptación para la transferencia de información mostrando aspectos relacionados con su implementación como la compatibilidad electromagnética. El principal objetivo que se busca es realizar un análisis de las recomendaciones internacionales en materia de normalización relacionada con los sistemas de radiocomunicación y la incorporación de sistemas de comunicación PLC que permita evaluar la compatibilidad electromagnética en la incorporación de la tecnología. Se pudo concluir que las emisiones de los dispositivos Powe Line en una

vivienda común exceden los niveles de ruido y generan mayores niveles de interferencia a los mínimos aceptables para la recepción de la emisión (González & Naciff, 2014)

- c) En la tesis titulada *Redes de PLC en México*. En el trabajo se presentan aspectos de la tecnología que posibiliten el uso de la infraestructura de la red eléctrica para el transporte de datos, de la misma manera se proponen lo pros y contras a los que se enfrenta la tecnología PLC en México por la falta de normalización. En conclusión, las investigaciones en el campo de las telecomunicaciones y la de energía eléctrica han hecho nuevos avances en la tecnología PLC, pues gracias a los métodos de modulación de las señales se pueden aprovechar los medios de transmisión para enviar datos, audio y video. La tecnología PLC ya está más desarrollada en países europeos así como en EU, pero en el caso de México, debido a que es un país en pleno desarrollo, han surgido problemas con el impulso de la tecnología PLC, aunque es posible desarrollarla, ya que las líneas eléctricas con similares a las de EU, por lo que se pueden adoptar las mismas normas (Cortés & Salgado, 2014).
- d) El trabajo de tesis titulado *Diseño e implementación de un prototipo de red de datos con Tecnología PLC (Power Line Communication)*, para el laboratorio de comunicaciones de la universidad de las fuerzas armadas – ESPE. La investigación se enfoca en una de las tecnologías de la actualidad como es la tecnología PLC, considerando que esta es de gran importancia debido a sus altas velocidades de transmisión de datos, lo que busca la investigación es permitir el acceso a servicios de voz, datos y multimedia en el laboratorio de comunicaciones de la universidad de las fuerzas armadas ESPE.(Chicaiza et al., 2015)

- e) Se presentó un trabajo de tesis el cual fue titulado *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*. Existen distintos métodos que permiten acceder a los diferentes servicios de comunicaciones, entre ellos el servicio de internet, considerando las dificultades que se presentan al desplegar una infraestructura cableada o a través de forma inalámbrica Wi-Fi, lo cual lleva al uso de la nueva tecnología llamada Power Line Communication, lo que anularía los problemas mencionados, por lo cual la investigación tiene como objetivo principal Diseñar una red de área local con tecnología PLC para que permita la distribución de la señal de internet en un edificio.(Moscoso, 2015)
- f) En el año 2018 se realizó la presentación de un trabajo de graduación para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico, el cual fue titulado *“Diseño de un Sistema de Medición y Monitoreo del Consumo de Energía por Circuitos en el Hogar, Mediante Tecnología de Comunicación por Línea de Potencia”*, el trabajo presenta un enfoque práctico de medición y monitoreo de energía eléctrica porque actualmente en el sector residencial de la ciudad de Cuenca en Ecuador aún no se cuenta con algún tipo de sistema de monitoreo individual para cada circuito eléctrico en los hogares. El objetivo del documento es diseñar e implementar un sistema de monitoreo y medición para el uso de energía eléctrica mediante una red local basada en la combinación de protocolos de comunicación PLC y TCP/IP.(Peláez & Jiménez, 2018)
- g) Se presentó un trabajo el cual fue titulado *“Diseño de una arquitectura para un enlace PLC de banda ancha de alta*

velocidad para entornos vehiculares o aeroespaciales”. La finalidad del trabajo radica en realizar comunicaciones de banda ancha y alta velocidad, por canales PLC, dentro de entornos aeroespaciales o vehiculares, utilizando la técnica de acceso al medio FBMC recomendada por el estándar IEEE 1901-2010 para comunicaciones PLC. Como conclusión, el trabajo permitió la definición y el diseño de una arquitectura sobre una FPGA para el desarrollo de una comunicación PLC (Membibre, 2019).

- h) En el trabajo que lleva por título *Estudio de factibilidad técnica e implementación demostrativa de la tecnología de comunicaciones por líneas eléctricas para el acceso a internet en el Ecuador*. El problema de investigación radica en la insuficiencia de alternativas tecnológicas de conectividad a Internet en el Ecuador, en el cual, parte de su población no tiene acceso al servicio, esto dificulta la informatización de la colectividad. El objetivo de la investigación es elaborar un estudio de factibilidad técnica e implementación demostrativa de la tecnología PLC, con la finalidad de evidenciar la viabilidad del uso de esta tecnología para la masificación del acceso a internet en el Ecuador, para realizarla se utilizó la metodología exploratoria para el estudio de la tecnología PLC y la metodología descriptiva para caracterizar las redes de suministro eléctrico. En conclusión, la tecnología PLC no debe ser considerada como una tecnología de reemplazo a las tecnologías que de acceso a internet que ya existen, sino como solución complementaria (Avecilla, 2018).
- i) El trabajo titulado *Diseñar una red basada en tecnología PLC (Comunicación por Línea Eléctrica) para instituciones educativas, hogares y empresas de la ciudad de Guayaquil*. La necesidad de estar conectados por medio de la tecnología existente

y los altos costos de mano de obra en la instalación del cableado estructurado en un edificio, pequeñas y medianas empresas (PYMES) y domicilios de gran tamaño han llevado a las personas a pensar muchas veces en implementar nuevas tecnologías y las redes PLC son una opción para ahorrar algunos de los costos en las instalaciones del cableado estructurado en cualquier fábrica o empresa. EL objetivo principal la investigación es realizar un estudio para el levantamiento de una red PLC para la transmisión de datos, voz y video utilizando las redes de distribución eléctrica de baja tensión de pymes, hogares o instituciones educativas en la ciudad de Guayaquil, siendo una solución para dar cobertura a grandes extensiones geográficas. Con el estudio llevado a cabo se concluyó que en la ciudad de Guayaquil las redes eléctricas son aptas para la implementación de la tecnología PLC en lugares donde el tendido eléctrico es aéreo, ya que todavía para las zonas regeneradas o soterradas no existen equipos que puedan colocarse en pozos de datos (Delgado & Moran, 2016).

- j) Se realizó un trabajo de tesis titulado *Estudio de factibilidad técnica de la implementación de PLC (Power Line Communication) en la red de distribución eléctrica de Bogotá*. El trabajo de investigación presenta un enfoque global de la utilización de la tecnología PLC en baja tensión, como alternativa para el monitoreo, lectura remota, suspensión y reconexión, seguimiento de clientes, etc., y de esta manera mejorar la gestión del proceso comercial y la gestión técnica de reducción de pérdidas. El objetivo del trabajo es estudiar y evaluar la factibilidad técnica de la implementación de la tecnología PLC sobre la Red Eléctrica de Baja Tensión de Bogotá. Con la investigación se llegó a distintas conclusiones, pero la principal es que las redes eléctricas en Bogotá no fueron diseñadas para usarse

como canal de transmisión de datos y por lo tanto no cuentan con las mejores características para el uso de la tecnología PLC (Cañón, 2016).

11.METODOLOGÍA

El marco metodológico es el conjunto de procedimientos a seguir con la finalidad de lograr objetivos de la información de forma válida y con alta precisión, el presente trabajo de investigación se llevará a cabo bajo un diseño de investigación no experimental de tipo transversal, ya que se recolectaran datos en un solo momento y que este diseño de investigación se basa fundamentalmente en la observación, el proyecto de investigación será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, ya que se hará uso de la recolección de datos para probar la hipótesis planteada y además que dicho enfoque se centra en aspectos observables y susceptibles a la cuantificación, no obstante este enfoque es el que mejor se adapta a las características necesarias de la investigación debido a que se utilizará un método de investigación deductivo el cual se distingue porque parte de conclusiones generalizadas para obtener explicaciones particulares.

Fase 1. Fase conceptual.

En esta fase se determinó el tema a investigar, en este caso es sobre la tecnología Power Line Communications, ya una vez determinado el tema, posteriormente se redactó la problemática que se deseaba resolver y se definieron los objetivos de estudio tanto como el objetivo general, como el objetivo específico que se desea cumplir, así mismo se realizó la justificación del porqué era necesario realizar la investigación, una vez realizado lo anterior, se recolectó la información necesaria sobre el tema para comenzar a realizar el marco teórico.

Fase 2. Fase de planeación y diseño.

En la segunda fase se seleccionó el diseño de la investigación, en este caso se seleccionó el diseño de investigación no experimental, ya que este recolecta datos en forma pasiva sin introducir cambios, además se utilizó un método deductivo porque este método parte desde lo general como lo es en sí la Tecnología PLC hasta llegar a las conclusiones de carácter particular como lo sería el diseño de una red PLC en el ITSMT.

Fase 3. Fase empírica.

En esta fase se realizó una profunda recolección de datos que a través de la observación directa y el análisis de los documentos provenientes de distintas fuentes de consulta como lo son trabajos de tesis, revistas, artículos de internet, libros, entre otros, además de que fue posible profundizar en la investigación gracias a que se contó con los planos eléctricos de las instalaciones, con lo cual fue posible realizar un análisis detallado de la tecnología PLC en el edificio.

Fase 4. Fase analítica.

Una vez que fue recolectada la información necesaria acerca de la tecnología PLC, se realizó el análisis de la misma, todo esto para seleccionar la información que más se adecuara con respecto a la investigación y de esta manera dar a conocer los mejores resultados, la selección su posible mediante distintas técnicas como lo es la comparativa, esta se logró realizando la comparación de temas similares de distintos tipos de fuentes, todos los temas analizados fueron estructurados de forma que fueran de lo general a lo particular para detallar distintos puntos de la tecnología con relación a la investigación con el edificio del ITSMT, además, teniendo en cuenta que se contaba con los planos eléctricos del edificio, fue posible realizar una simulación de dicha instalación a través del programa llamado “SketchUp”, enfocándose en la red eléctrica principal y en la simulación de la implementación de la

tecnología PLC dentro del mismo.

Fase 5. Fase de difusión.

Por último, en esta fase se publicarán los resultados que se obtuvieron a lo largo de la investigación esto se llevará a cabo mediante la presentación del informe técnico de residencias profesionales y posteriormente se presentará una tesis para la obtención del título universitario en la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

11.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

En el siguiente apartado se aborda el hecho de cómo es que fue realizada la investigación, paso a paso describiendo la manera en la que se utilizaron las herramientas y sitios para el desarrollo del trabajo.

11.1.1 Arquitectura de red PLC en el Laboratorio de Cómputo

Para la realización del diseño de la red PLC en el laboratorio de cómputo se decidió que se llevaría a cabo a través de una arquitectura de red PLC de tipo Indoor, ya que debido a que el proveedor de servicios de internet (ISP) será el encargado llevar el servicio de internet hasta las instalaciones del edificio H del ITSMT, por lo cual no sería conveniente que se instale una red PLC desde las líneas de alta y baja tensión.

11.1.2 Componentes de la red PLC del ITSMT

Para el diseño de este tipo de red Indoor InHome únicamente serán necesarios los siguientes componentes:

- Dispositivos Módem PLC
- Red Eléctrica

- Servicio de Internet del ISP
- Cable Ethernet

11.1.3 Topología de red PLC en el ITSMT

La red de PLC del laboratorio de cómputo será manejada bajo la topología en árbol para tener un control más ordenado sobre esta red, el uso de esta topología es conveniente, ya que los dispositivos “Modem PLC” o simplemente “dispositivos PLC” tienen la capacidad de soportar un total de tres dispositivos conectados a cada uno de ellos, dependiendo la marca podrían soportar un poco más de dispositivos.

11.1.4 Procedimiento

Cabe destacar que este procedimiento es únicamente una simulación de cómo es que se idea que se instale la red PLC. Una vez teniendo los materiales, así como el servicio de internet y la topología que se utilizaría para la distribución de los dispositivos a lo largo del laboratorio de cómputo.

El ISP será el encargado llevar el servicio de internet hasta la subestación que se encuentra a unos metros enfrente la Unidad Académica Departamental Tipo H. Como un dato, el tablero de control de la red eléctrica se encuentra en el centro de las instalaciones y las líneas de energía eléctrica pasarán a través de unas vías subterráneas.

Una vez que el servicio de internet llegue a la subestación del edificio el módem PLC transmisor será instalado en ese sitio, estos serán conectados al servicio de internet y a su vez también serán conectados a los enchufes de energía eléctrica. La corriente eléctrica atravesará desde la subestación

hacia el tablero de control de la red, una vez cruzando ese punto el siguiente destino es un aula que se encuentra cercana al tablero, posteriormente a través de las vías subterráneas la red llegaría al laboratorio de cómputo en el cual estarán instalados los modems PLC receptores de la señal, estos se encontrarán instalados a lo largo del laboratorio, debajo de los escritorios donde se encontrarán las computadoras, y estas podrán conectarse al modem PLC ya sea a través de cables Ethernet o en su caso a través de una red Wifi que proporciona el módem. De esta manera se suministraría el servicio de internet a través de las líneas eléctricas del laboratorio.

11.1.5 Simulador SketchUp

A lo largo de la investigación se aplicaron distintas técnicas de análisis como lo son la simulación en torno a una red PLC en la Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT, dicha técnica fue realizada haciendo una simulación en 3D del edificio y los alrededores de las instalaciones con el programa llamado “SketchUp”, la simulación nos permitirá observar gráficamente como es que podría llevarse a cabo la instalación de una red con tecnología PLC en el edificio, esta simulación evitaría problemas a futuro y agilizaría el proceso de instalación.



Figura 23. Logo de SketchUp
Fuente: (Trimble, 2020)
Recuperado de: <https://www.sketchup.com/>

SketchUp, es un software de modelado 3D el cual permite modelar diseños como lo son: edificios, paisajes, escenarios, automóviles, mobiliario, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante. SketchUp fue diseñado con el objetivo de que se pudiera utilizar de una manera intuitiva y flexible para los usuarios y que de esta manera no fuera nada complicado entender su funcionamiento, además de que incluye entre sus recursos un tutorial en vídeo para aprender paso a paso cómo se puede diseñar y modelar.

SketchUp, también incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar, las cuales puedes utilizar en cualquier modelado lo cual permite realizar distintos tipos de trabajos de manera sencilla e intuitiva para el usuario.



Figura 24. Diseño de Logo de SketchUp
Fuente: (Trimble, 2020)
Recuperado de: <https://www.sketchup.com/>

12.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A lo largo de los capítulos anteriores se explicó como es el funcionamiento y el proceso de instalación de una red PLC, así como sus características principales y las herramientas necesarias para su instalación. En el capítulo que se muestra a continuación se presenta el resultado final del trabajo de investigación a través de una simulación en 3D y una comparativa de la red PLC frente a otro tipo de tecnologías de red.

12.1 Simulación de la Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT con Tecnología PLC

La simulación de la edificación fue llevada a cabo a través del software de diseño en 3D “SketchUp”, en dicha simulación se muestra en general el terreno y las instalaciones de la nueva Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT, en la simulación es posible observar la vegetación de los alrededores del terreno, de igual manera el edificio principal, alumbrado con el que cuenta, etc. En la simulación se presenta una perspectiva de lo más detallada sobre las nuevas instalaciones del ITSMT.

Dentro de la figura 25 es posible observar las afueras de la Unidad Académica Departamental Tipo H principalmente, en la figura antes mencionada se muestra la vegetación que rodea a la edificación.



*Figura 25. Vista de las Afueras de la Unidad Académica Departamental Tipo H.
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura 26 se muestra una vista general de la nueva Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT, en la figura se puede observar la entrada principal de las instalaciones con una calle construida con piedra volcánica y rodeada de pequeñas palmeras, dicha calle tiene conexión directa hacia la entrada principal del edificio.



*Figura 26. Vista General de la Unidad Académica Departamental Tipo H.
Fuente: Elaboración Propia DMP*

La figura 27 muestra la entrada principal desde una vista más cercana hacia ella, se puede observar el funcionamiento de esta, y de cómo es la vista desde la entrada hacia la unidad.



*Figura 27. Entrada Principal de la Unidad Académica Departamental Tipo H. No.1
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura 28 se ve desde otra perspectiva la entrada hacia las instalaciones de la Unidad Académica Departamental Tipo H, en esta se comienzan a observar estudiantes, vegetación, entre otros detalles de la simulación.



*Figura 28. Entrada Principal de la Unidad Académica Departamental Tipo H. No.2
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura 29 es posible observar ampliamente a la Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT desde una perspectiva cercana, el edificio se encuentra rodeado de pasto natural, así como de una plancha de concreto sólido, además, alrededor de lo antes mencionado se encuentran varias hectáreas de áreas verdes propias de la institución.



*Figura 29. Unidad Académica Departamental Tipo H
Fuente: Elaboración Propia DMP*

Dentro de la figura 30 se muestra una vista de la Unidad Académica Departamental Tipo H desde la parte “Este” del mismo, en la figura se observan algunas de las aulas con las que cuenta la edificación, así como también es posible observar que cada una de las aulas cuenta con aire acondicionado.



*Figura 30. Vista ESTE de la Unidad Académica Departamental Tipo H
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura 31 se observa la Unidad Académica Departamental Tipo H desde la parte “Sur” de sus instalaciones, en esta figura es posible ver que la edificación cuenta con dos plantas, así como con rampas para sillas de ruedas y pasamanos. Ya que esta es la parte trasera del edificio, no hay más construcción y solo se puede observar vegetación.



*Figura 31. Vista SUR de la Unidad Académica Departamental Tipo H
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura 32 se observan las instalaciones de la nueva Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT desde su lado “Oeste”, en esta figura es fácil darse cuenta de que de igual forma que en el lado “Este” del edificio, en las aulas que se encuentran en el lado “Oeste” del mismo, también se encuentran climatizadas, algo más que se puede observar es que alrededor del edificio hay cultivos de limón propios de la institución, así como otras áreas verdes.



*Figura 32. Vista OESTE de la Unidad Académica Departamental Tipo H
Fuente: Elaboración Propia DMP*

La figura 33 muestra una vista desde el lado “Norte” o del frente de la Unidad Académica Departamental Tipo H, en dicha figura se puede observar que al igual que en la parte “Sur” del edificio, en este lado también cuenta con rampas para el uso de silla de ruedas, así como

escalones que permiten la fácil accesibilidad al edificio, no obstante es posible observar que en el patio de las instalaciones ya se cuenta con postes de alumbrado y que además el edificio se encuentra rodeado por pasto natural.



*Figura 33. Vista Frontal de la Unidad Académica Departamental Tipo H
Fuente: Elaboración Propia DMP*

La figura 34 es una toma aérea de la Unidad Académica Departamental Tipo H, aquí se observa el porqué de su nombre “Tipo H”, ya que tiene gran similitud con la letra “H”, además se observa un poco el terreno con el que cuentan las instalaciones.

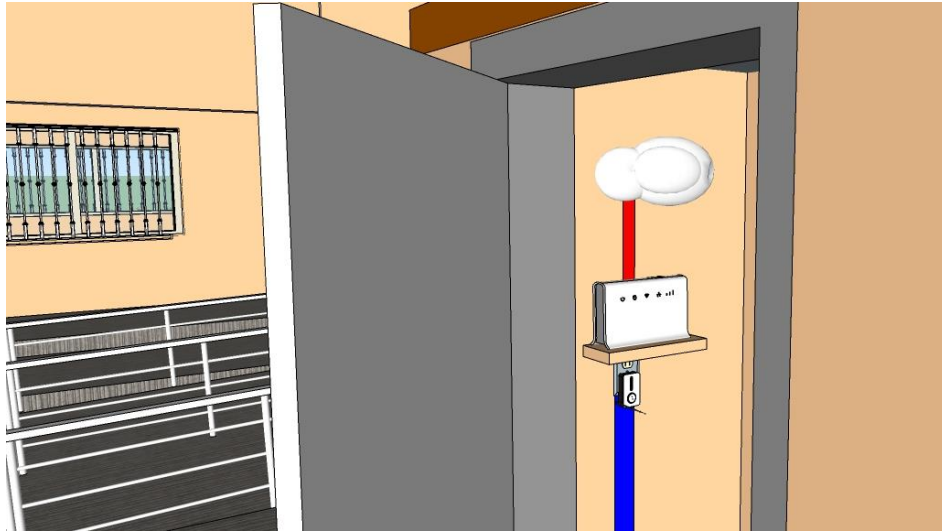


*Figura 34. Vista Aérea de la Unidad Académica Departamental Tipo H
Fuente: Elaboración Propia DMP*

12.1.1 Simulación del diseño de la Red PLC en la Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT

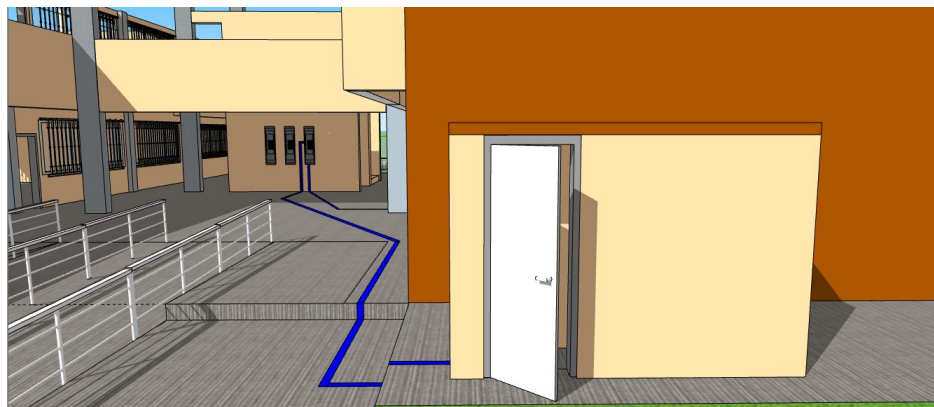
Para poder obtener el correcto análisis de datos sobre el diseño y estructura de la red PLC con la que contaría la Unidad Académica Departamental Tipo H fue requerida la realización de una simulación en 3D de las instalaciones, principalmente del laboratorio de cómputo, para que de esta manera se obtuvieran los datos necesarios acerca de los componentes, características del entorno y su instalación dentro del edificio. A continuación, se describirán todas y cada una de las imágenes que muestran la simulación realizada, así mismo, se describirá el proceso por el que pasaría la red PLC al momento de su instalación, desde el momento en el que llega a la subestación de las instalaciones hasta el punto final que es la distribución del servicio de internet en el laboratorio de cómputo.

En primera instancia aparece la figura 35, en la cual muestra la subestación que se encuentra en el edificio, a través de ella llega el servicio de energía eléctrica y a su vez también recibiría el servicio de internet que es suministrado por un ISP en este caso ya sea TELMEX o Megacable. En la figura 35 es posible detectar que se hay un conector de energía eléctrica en el cual se encuentra conectado un dispositivo PLC de tipo transmisor, el cual se encuentra enlazado al módem de servicio de internet que provee el ISP a través de un cable Ethernet, este servicio se ve ejemplificado con una línea roja y una nube simbolizando la conexión hacia los servicios de internet.



*Figura 35. Subestación y conexión de Red PLC
Fuente: Elaboración Propia DMP*

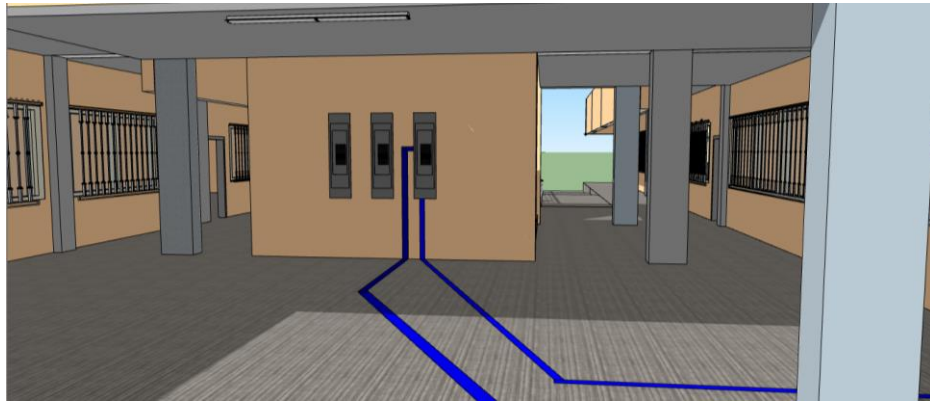
La Figura 36 nuevamente se muestra la subestación de energía eléctrica, pero esta vez con un enlace de energía eléctrica que se ve ejemplificado con líneas azules que van directamente hacia el tablero de control de manera subterránea. Esta conexión entre la subestación y el tablero de control ya se encuentra trabajando con la tecnología PLC, ya que uno de los dispositivos que se instala en la subestación filtra el servicio de internet a través de la línea eléctrica en la que se encuentra enlazada.



*Figura 36. Subestación y conexión eléctrica
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la Figura 37 se puede observar el tablero de control, el cual permite que la instalación de energía eléctrica del edificio funcione correctamente

y que no exista el riesgo de daños eléctricos en toda la edificación, puesto que el tablero de control tiene diversas conexiones que se dirigen a distintas partes del edificio, así como también al alumbrado que se encuentra en los alrededores, sin embargo, en este caso únicamente se ilustra una conexión, la cual tiene como destino el aula más cercana que cuenta con un regulador de energía eléctrica.



*Figura 37. Tablero de Control
Elaboración Propia DMP*

La figura 38 muestra otra perspectiva de la conexión eléctrica que se habló en la figura 37, en la figura se puede observar con claridad hacia que aula se dirige la red eléctrica, esta se muestra ilustrada sobre el suelo con un tono color azul, el aula hacia donde se dirige la conexión cuenta con el regulador de energía eléctrica que se encuentra más cercana al tablero de control.



Figura 38. Tablero de Control y Conexiones Eléctricas

Fuente: Elaboración Propia DMP

En la siguiente figura, la número 39 muestra el regulador de energía del cual se habló anteriormente, como su nombre indica este sirve para regular las corrientes de energía eléctrica alternando la corriente para que no se presenten picos de alto voltaje, lo cual es bueno para todos los dispositivos que se encuentran conectados a la red, porque evita que sufran algún tipo de daño. A partir de este punto, las líneas de energía eléctrica cruzan a través del aula en la que se encuentran hasta llegar al laboratorio de cómputo como se observa en la figura 39, la línea azul que simula el cableado de energía eléctrica se corta en la pared debido al otro extremo de la pared se encuentran algunas conexiones de la red eléctrica y el segundo regulador, el cual da mayor seguridad al laboratorio de cómputo.

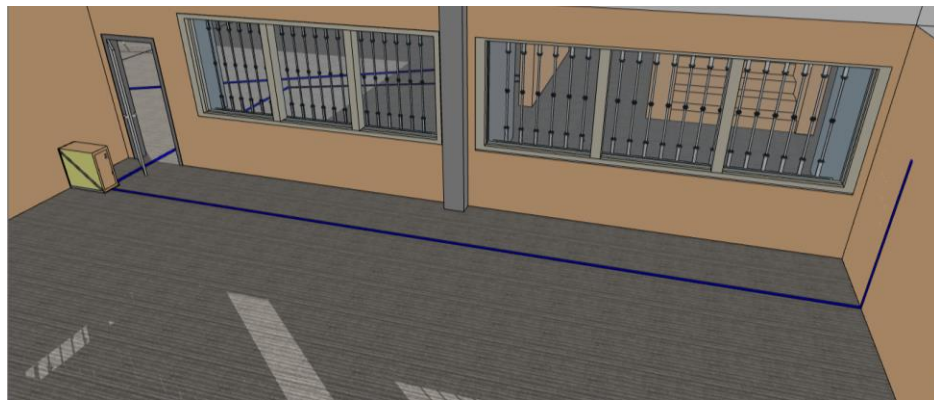
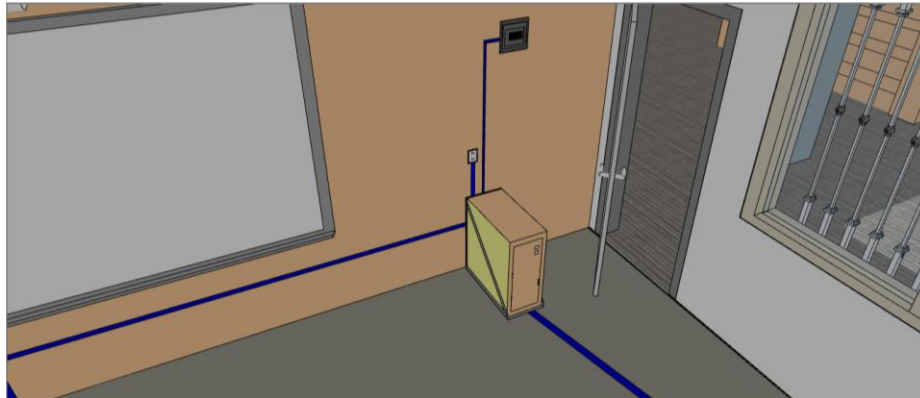


Figura 39. Regulador y conexión eléctrica

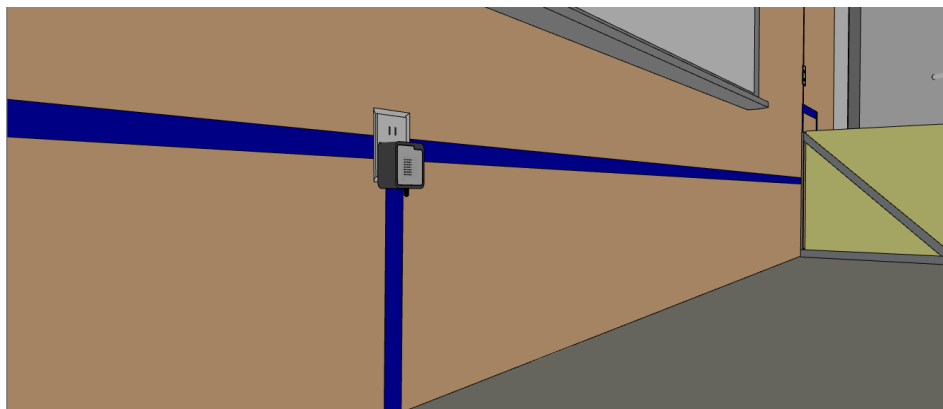
Fuente: Elaboración Propia DMP

Una vez que el cableado de energía eléctrica atraviesa la pared hacia el laboratorio de cómputo, la corriente eléctrica pasa a través de un segundo regulador de energía eléctrica, el cual únicamente abarca el laboratorio de cómputo como es que se muestra en la figura 40, además, el laboratorio cuenta con un pequeño tablero de control que manipula únicamente las conexiones del sitio.



*Figura 40. Regulador del Laboratorio de Cómputo
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la Figura 41, se muestra la instalación de un nuevo dispositivo PLC, pero a diferencia del primer dispositivo, este es un dispositivo receptor, este se encarga de recibir la señal que envía el dispositivo PLC de tipo transmisor e interpreta la señal para transmitir el servicio de internet. Como se ve en la figura 41 el dispositivo se encontraría conectado directamente en la primera línea que pasa a través del regulador de energía eléctrica.



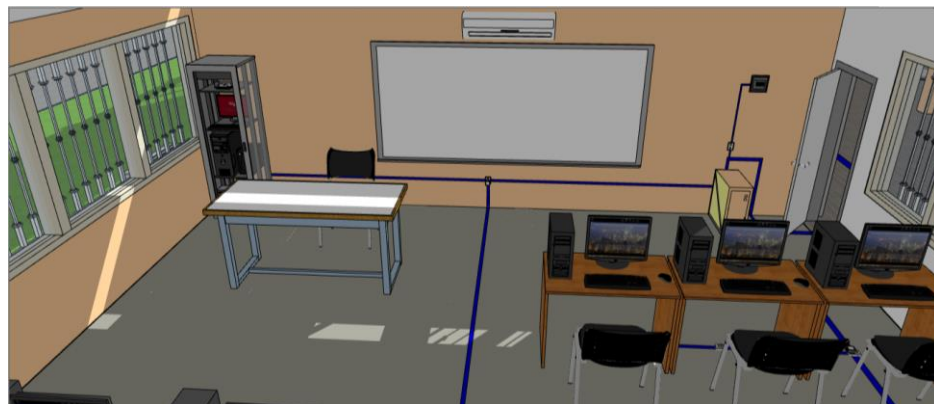
*Figura 41. Dispositivo PLC receptor
Elaboración Propia DMP*

Como se puede observar en las figuras 42 los dispositivos se encontrarán distribuidos a lo largo del laboratorio de cómputo, en este caso será necesario adquirir ocho dispositivos PLC receptores y un único dispositivo transmisor, ya que es posible que un solo dispositivo emisor pueda enviar información a diversos receptores que se encuentren en la

red.

Los dispositivos PLC que se adquirirán se encontrarán distribuidos en el laboratorio de la siguiente manera: el primer dispositivo PLC receptor se encontrará bajo él pintaron, este dispositivo se encargará de enviar y recibir señal directamente al SiTe, además, este mismo dispositivo PLC tendrá interacción con los dispositivos del lado izquierdo (con perspectiva en la Figura 44), de ese mismo lado del laboratorio se instalarán 3 receptores PLC más, los cuales estarán distribuidos entre las tres líneas de computadores, cada uno de estos dispositivos cubrirá 3 computadoras. Del lado derecho del laboratorio se contará con 4 receptores PLC, 4 de ellos cubrirán las respectivas 4 líneas de computadores, de la misma manera cada dispositivo proveerá de los servicios de internet a 3 computadores, para esto se cuenta que todas las computadoras cuenten con tarjeta de red inalámbrica para que sea posible la conexión sin necesidad de cableado Ethernet.

De esa manera es como se llevaría a cabo la distribución de los dispositivos receptores PLC y el diseño de la red PLC a través de las líneas eléctricas de las instalaciones.



*Figura 42. Laboratorio de Cómputo No.1
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura 43 se observa cómo es que irán distribuidos los dispositivos PLC de bajo de cada una de los escritorios, así como también se observa cómo están instaladas las conexiones eléctricas en el suelo del laboratorio de cómputo.



*Figura 43. Laboratorio de Cómputo No.2
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura 44 se muestra una vista aérea del laboratorio de cómputo en general y es posible observar la forma en la que están distribuidos los escritorios con sus respectivas computadoras, así como unas mesas de trabajo que se encuentran al fondo del laboratorio de cómputo, por último, se puede observar con exactitud el sitio en el cual se instalaría el SiTe y el regulador de energía eléctrica del laboratorio de cómputo.



*Figura 44. Vista aérea del Laboratorio de Cómputo
Fuente: Elaboración Propia DMP*

La simulación en 3D representada con las figuras anteriores muestran el

diseño y estructura de lo que sería la instalación una red con servicios de internet a través de las conexiones eléctricas de la Unidad Académica departamental Tipo H del ITSMT con la tecnología Power Line Communications.

12.1.2 Simulación del diseño de la Red con Cableado Estructurado en la Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT

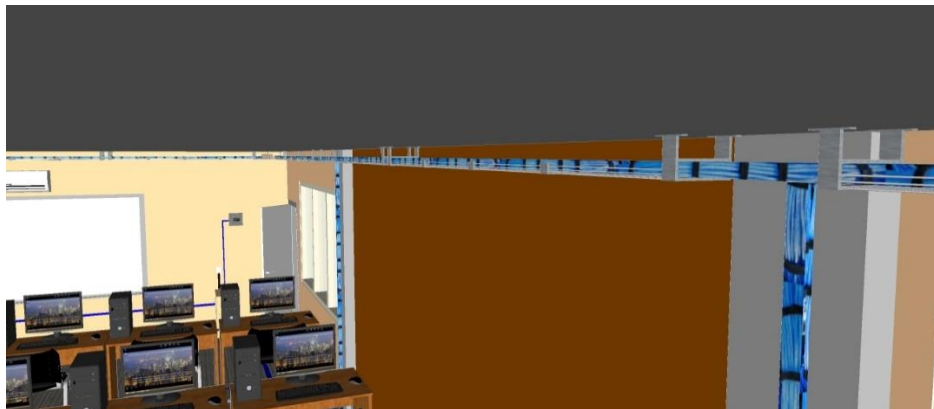
En páginas anteriores se habló sobre el hecho de obtener un correcto análisis de datos sobre el diseño y estructura de la red para la utilización de la tecnología PLC en la Unidad Académica Departamental Tipo H de una forma adecuada, por lo cual es conveniente realizar una comparación con la tecnología que se utiliza comúnmente en la mayoría de instituciones privadas y públicas, esta tecnología es conocida como “Cableado Estructurado”, al igual que con la simulación de la red PLC en el laboratorio de cómputo del edificio, también se realizó una simulación del diseño y estructura de la red con servicios de internet, pero con cableado estructurado, la cual se presenta a continuación.

La figura 45 muestra una vista amplia desde la parte trasera del laboratorio de cómputo, en esta figura se observan las mesas que se encuentran al fondo del laboratorio, así como también todos los ordenadores con los que se piensa tener, además, se puede ver la estructura de la red con cableado estructurado.



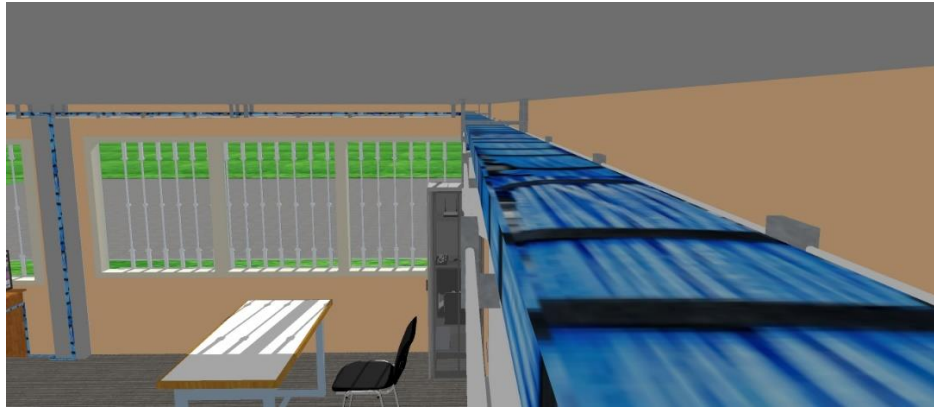
*Figura 45. Vista Trasera del Cableado Estructurado del Laboratorio de Cómputo
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura número 46 se pueden ver las canaletas que serían instaladas en el techo del laboratorio de cómputo, también es posible ver las tiras de cables Ethernet que se encuentran entre las canaletas y como es que bajan esos cables a través de los pilares del laboratorio, los cuales llegarían a las conexiones instaladas en los escritorios donde se encuentran de las computadoras.



*Figura 46. Vista del Cableado Estructurado y Equipos de Cómputo
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura 47, además de poder ver con claridad el cableado dentro de las canaletas se observa desde donde se originan las conexiones de los cables Ethernet, estos provienen directamente del SiTe del laboratorio para ser distribuidos dentro del mismo. Desde el SiTe se administra completamente la red.



*Figura 47. Cableado Estructurado y SiTe del Laboratorio de Cómputo No.1
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura 48 se muestra la posición en la que se encontraría el SiTe del laboratorio además de las direcciones a las que se dirigen las conexiones ethernet. Esta es la parte más importante de la red de cableado estructurado, ya que desde este punto parten las conexiones.



*Figura 48. Cableado Estructurado y SiTe del Laboratorio de Cómputo No. 2
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura número 49 como lo indica el nombre de la figura, se observan las direcciones por las que pasarían los cables Ethernet, estas conexiones siguen su camino a través de las canaletas que se encuentran instaladas en el techado del laboratorio de cómputo y a través de los pilares del mismo un cierto número cables Ethernet bajan hasta el suelo, una vez aquí los cables son distribuidos hacia los ordenadores que se encuentran en los escritorios, pero de forma estratégica para que no interfieran con las

personas que se encuentren en el laboratorio. Cada uno de los escritorios contaría con tres computadoras y cada una de ellas contaría con su propia conexión a internet mediante un cable Ethernet, por otra parte, al fondo del laboratorio, pero del lado derecho (con perspectiva de la figura 45) continuaría el cableado a través de la canaleta y se encontraría una última conexión situada de bajo de la mesa central que se encuentra al fondo del laboratorio.



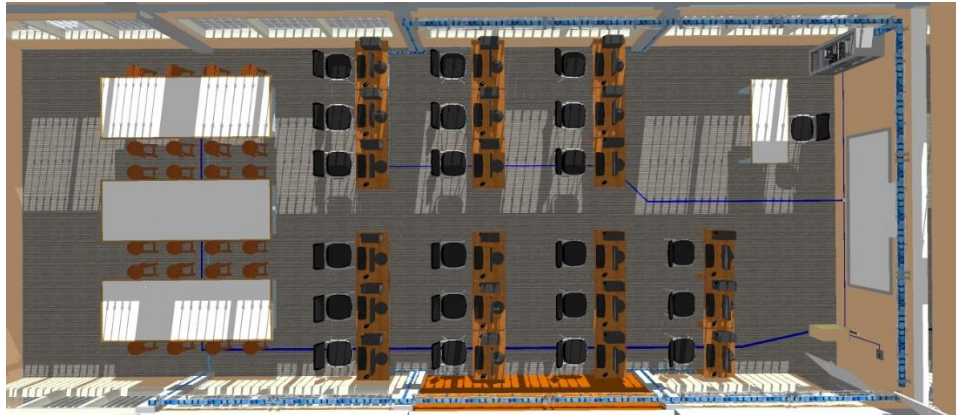
*Figura 49. Conexiones de Cableado Estructurado y Equipos de Cómputo
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la figura 50 se muestra una toma cercana de los escritorios donde se encuentran las computadoras, bajo estos escritorios se encuentran instaladas las conexiones de RJ45 hembra a través del cual se conectarían las PC's para obtener conexión a internet.



*Figura 50. Equipos de Cómputo y Conexiones Ethernet
Fuente: Elaboración Propia DMP*

La figura 51 únicamente muestra una vista aérea del laboratorio de cómputo con la instalación de la red con cableado estructurado.



*Figura 51. Vista Aérea del Laboratorio de Cómputo con Cableado Estructurado
Fuente: Elaboración Propia DMP*

12.2 Comparativa técnica entre la red PLC y la red por cableado estructurado con respecto a la simulación

Una vez realizada las dos simulaciones es posible obtener un análisis comparativo con mayor detalle para saber cuál de estas dos tecnologías convendría su instalación en la Unidad Académica Departamental Tipo “H” del ITSMT.

El uso de cualquier tipo de tecnología para la instalación de una red tiene sus pros y sus contras, en el caso de esta investigación se analizaron las ventajas y limitantes entre las tecnologías Power Line Communications y el Cableado Estructurado, dichas comparativas se muestran a continuación.

Tecnología	Ventaja	Limitantes
<p>Power Line Communications</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación ágil y sencilla: utiliza la red eléctrica existente. • Variedad de servicios y aplicaciones: Permite el acceso a múltiples servicios. • Movilidad: cualquier toma corriente eléctrico es un potencial punto de conexión a la red lo que la hace más sencillo su traslado. • Fácil configuración: los dispositivos PLC son fáciles de configurar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estandarización: en la actualidad distintas organizaciones buscan estandarizar la tecnología • Infraestructura variable de la red eléctrica: el funcionamiento de la red PLC depende del estado en el que se encuentre la red eléctrica. • Distancia: la transmisión de datos no debe superar distancias de 400 metros. • Seguridad: la red PLC cuenta con poca seguridad debido a que el medio de transmisión que utiliza no fue diseñado para este propósito. • Interferencia: existen múltiples aparatos eléctricos que pueden afectar la comunicación.

		<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad: los dispositivos PLC no exceden de los 600 Mbps.
<p>Cableado Estructurado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil mantenimiento: al ser una red uniforme su mantenimiento es relativamente sencillo. • Seguridad: sus medidas de seguridad son fiables. • Mayor velocidad: al ser una red cableada supone un mayor rendimiento, por lo cual puede tener una velocidad de hasta los 1000 Mbps. 	<ul style="list-style-type: none"> • Movilidad: para su movilidad a otro sitio es necesario reinstalar el cableado completo. • Interferencias: al conectarse distintos tipos de cable a la red causa interferencias. • Personal capacitado: para la instalación y configuración de la red es necesario de un personal altamente capacitado, de lo contrario podría presentar problemas la red.

*Tabla 1. Comparación entre la tecnología PLC y el Cableado Estructurado
Fuente: Elaboración Propia DMP*

Es cierto que la tecnología de cableado estructurado tiene cierto número de ventajas con respecto de la tecnología PLC debido a que esta última es una tecnología relativamente nueva y sin embargo el cableado

estructurado es una tecnología que ya se encuentra avanzada y los cimientos de la misma bien estructurados, pero considerando el avance que tiene la tecnología PLC, esta tecnología aspira a ser una de las principales tecnologías para la instalación de redes de internet.

Con respecto a la investigación realizada en el laboratorio de cómputo de la Unidad Académica Departamental Tipo “H”, además de la elaboración de la simulación de ambas tecnologías, también se llevó a cabo un presupuesto estimado de las dos tecnologías en caso del uso de una u otra. Respecto a la tecnología de cableado estructurado, y teniendo en cuenta las dimensiones del laboratorio de cómputo y las distancias entre los componentes que requerirían la conexión, se realizó un cálculo en el cual aproximadamente sería necesario el uso de 513 metros de cable UTP para la instalación de una red con dicha tecnología.

Los datos que se muestran a continuación (Tabla 2) corresponden a los materiales requeridos para llevar a cabo la instalación de una red en el laboratorio de cómputo con la tecnología de Cableado Estructurado.

Estimación de costo de la instalación de una Red con Cableado Estructurado en el laboratorio de cómputo de la Unidad Académica Departamental Tipo H			
Material	Cantidad	Precio	Total
Caja de Cable UTP Cat 6 “Intellinet” de 306 Metros	2 Pz	\$1,969	\$3,938
Frasco de 100 Plugs RJ45 “Intellinet” Cat 6	1 Pz	\$569	\$569
Charola “Charofil” tipo malla 66/100 de 3 Metros	8 Pz	\$900	\$7,200

Paquete “Xcase” con 5 pzs de tapas face plate con caja rectangular para Jack RJ45	5 Pz	\$200	\$1,000
Jack RJ45 hembra Cat 6 “Xcase”	24 Pz	\$40	\$960
Pinzas Ponchadoras de RJ45 “Ele-Gate”	2 Pz	\$175	\$350
Testeador de Cables de Red UTP RJ45 “Ele-Gate”	1 Pz	\$169	\$169
Pinza Ponchadora de Bajo Impacto RJ45 Cat 6 “Xcase”	1 Pz	\$280	\$280
Paquete de 50 Pzs de Cinchos Negro 3.5Mm x 200Mm “Voltech”	1 Pz	\$34	\$34
TOTAL			\$14,500

*Tabla 2. Estimación del costo de la red con Cableado Estructurado
Fuente: Elaboración Propia DMP*

En la tabla 2, se puede observar los materiales y las cantidades de estos a utilizar, el precio estimado total para la instalación de una red en el laboratorio de cómputo con la tecnología de cableado estructurado ronda en los \$14,500 pesos mexicanos, todo esto sin contar el precio de mano de obra por la instalación del cableado, canaletas etc. Es evidente que es un precio elevado, pero se tiene la certeza que es una tecnología muy segura para el uso cotidiano.

A continuación, se muestra la tabla 3 que al igual que la tabla 2 muestra información sobre la estimación de costo de los materiales que se utilizarían para la instalación de una red, pero en este caso con la tecnología Power Line Communications de tipo Indoor InHome.

Estimación de costo de la instalación de una Red con Tecnología Power Line Communications en el laboratorio de cómputo de la Unidad Académica Departamental Tipo H			
Material	Cantidad	Precio	Total
PLC TP-Link TL -WPA4220T KIT Extensor Universal de Cobertura Wi-Fi AV600+AC300, 5 Puertos	1 Pz	\$2,479	\$2,479
TP-Link TL -WPA4220 AV600 300Mbps - Extensor PLC (PLC con WiFi, Extensor, Repetidores de Red, Amplificador y Cobertura Internet, 2 Puertos)	6 Pz	\$1,149	\$6,894
TOTAL			\$9,373

*Tabla 3. Estimación del costo de una red con PLC
Fuente: Elaboración Propia DMP*

Es evidente que la estimación que se muestra en la tabla 3 con respecto a la instalación de la red con tecnología PLC es con superioridad más económica que el uso de red con cableado estructurado; \$9,373 pesos mexicanos sería el precio aproximado de la instalación de la red con tecnología PLC lo que daría como resultado un ahorro de \$5,127 pesos mexicanos en comparación al precio del cableado estructurado. La estimación resultante de la red con tecnología PLC es contemplando que los equipos de cómputo se conectarán a la red a través de una tarjeta de red inalámbrica, en tal caso de que no contaran con este tipo de tarjeta, el costo de la red aumentaría debido al uso de cable de red Ethernet, pero este no sobrepasaría para nada el costo de la red con cableado estructurado, por lo cual aún con el aumento de material la tecnología PLC continuaría siendo más económica en comparación con el cableado estructurado, además que para la instalación de esta red no sería necesaria

la contratación de expertos debido a que su instalación es sencilla, ya que los dispositivos PLC cuentan con manual de usuario.

13. CONCLUSIÓN

El objetivo fundamental de este proyecto de investigación era abordar el problema del servicio de internet a la Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT, puesto que para poder instalar el servicio a través de métodos usados comúnmente puede resultar complicado, por lo cual se buscaron nuevos métodos de instalación del servicio que fueran más accesibles, como lo es la tecnología PLC.

La aportación principal de este trabajo de investigación consiste en realizar un estudio de factibilidad técnica sobre la tecnología Power Line Communicatios como una alternativa para el acceso a internet en el ITSMT, y aunque a día de hoy esta tecnología no se encuentra contemplada como el sustituto del cableado estructurado debido a diversos factores como el poco conocimiento del público en general sobre la existencia de esta tecnología, aun así es una muy buena alternativa para realizar instalaciones de red en oficinas, edificios, empresas, hogares y demás sitios debido a la constante evolución de la tecnología, La facilidad de la instalación y configuración de los dispositivos lo hace una tecnología viable, ya que al usar la red de energía eléctrica provocando un alto impacto económicamente. Basándome en la investigación realizada y la información recabada de diversos documentos de tesis, revistas y demás publicaciones sobre la tecnología Power Line Communications y en la simulación que se llevó a cabo por un servidor, fue posible constatar que la tecnología PLC es una buena opción para el transporte de los servicios de internet debido a las características con las que esta cuenta.

Para el caso de este trabajo de investigación se deseaba saber si técnicamente el uso de la tecnología Power Line Communications era realmente factible, y se llegó a la conclusión de que si es factible el uso de esta tecnología en la Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT, ya que la construcción del edificio era un proyecto nuevo lo cual permite realizar una adecuada planeación con respecto a su instalación, además, la red de energía eléctrica del edificio se encuentra totalmente normalizada y se cuenta con la infraestructura necesaria para el uso de la tecnología, además que la estimación de costos realizada comparando los costos de instalación entre la red PLC y el Cableado Estructurado arrojan que es más económica la instalación con una red con tecnología Power Line Communications.

14. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

La realización de este trabajo de investigación ayudó fundamentalmente a ampliar los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales, ya que algunas de las asignaturas cursadas en la carrera fueron de suma importancia al momento de realizar la investigación, así como también la aplicación de prácticas a lo largo del curso ayudaron a fundamentar este trabajo. Las asignaturas de “Taller de Investigación” y “Taller de Investigación II”, fueron las asignaturas principales utilizadas para llevar a cabo la elaboración de este trabajo, ya que fue necesario realizar un planteamiento del problema, justificación, análisis de datos, recolección de datos, diseño de la investigación, metodología y métodos a utilizar para la investigación, pienso, que esta asignatura fue un pilar fundamental para llevar a cabo la elaboración de la investigación. Otras de las asignaturas que me ayudaron a la elaboración del trabajo fueron “Fundamentos de Investigación”, “Simulación”, “Redes de computadoras”, “Circuitos

eléctricos” y “Fundamentos de telecomunicaciones”, estas asignaturas van de la mano, ya que me ayudaron a entender el funcionamiento de las redes en general, así como también las topologías de red y la creación de diseños de red, toda la información recabada de la asignatura ya mencionada hizo que mejorara mis habilidades de búsqueda de información y el análisis de la misma.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arteche. (2019a). *Acoplador capacitivo BPL OVERCAP*. Arteche.

<https://www.arteche.com/es/productos/acoplador-capacitivo-bpl-overcap>

Arteche. (2019b). *Acoplador capacitivo BPL UNDERCAP*. Arteche.

<https://www.arteche.com/es/productos/acoplador-capacitivo-bpl-undercap>

Avecilla, M. (2018). *Estudio de factibilidad técnica e implementación demostrativa de la tecnología de comunicaciones por líneas eléctricas para el acceso a internet en el ecuador*. Universidad de Guayaquil.

Cañón, Y. (2016). *Estudio de la Factibilidad Técnica de la implementación de PLC (Power Line Communication) en la red de distribución eléctrica de Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia.

Chicaiza, C., Orbea, M., & Del Carmen, M. (2015). *Diseño e implementación de un prototipo de red de datos con Tecnología PLC (Power Line Communication), para el laboratorio de comunicaciones de la universidad de las fuerzas armadas—ESPE*. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Corinex, C. Corp. (2018). *Corinex Medium Voltage Gateway*. Corinex.

<https://www.yumpu.com/es/document/view/3624992/corinex-medium-voltage-access-gateways>

Corinex, C. Corp. (2019). *Arquitectura de red PLC con dispositivo Gateway*. Yumpu.

<https://www.yumpu.com/es/document/read/3624992/corinex-medium-voltage-access-gateways>

- Corral, P. (2016). *Simulación de técnicas de diversidad y filtrado Kalman en redes inalámbricas*. Universidad Miguel Hernández de Elche.
https://books.google.com.mx/books?id=i3AYDQAAQBAJ&pg=PA33&dq=Modulaci%C3%B3n+OFDM&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiewo8Xng_DnAhUHVk0KHc2_DvQQ6AEIPDAC#v=onepage&q=Modulaci%C3%B3n%20OFDM&f=false
- Cortés, M., & Salgado, M. (2014). *Redes PLC en México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Delgado, B., & Moran, J. (2016). *Diseñar una red basada en tecnología PLC (comunicación por línea eléctrica) para instituciones educativas, hogares y empresas en la ciudad de guayaquil*. Universidad de Guayaquil.
- Escaño, J., García, J., & Nuevo, A. (2019). *Integración de sistemas de automatización industrial Edición 2019* (2019a ed.). Paraninfo.
<https://books.google.com.mx/books?id=gj2dDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Gallardo, S. (2019). *Configuración de instalaciones domóticas automáticas*. (2a ED.). S.A. EDICIONES PARANINFO.
- Gobernador del Estado. (2008, febrero 5). *Decreto que crea el Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre*. SEGOBVER.
<https://www.segobver.gob.mx/juridico/decretos/Vigente55.pdf>
- González, R., & Naciff, A. (2014). *Evaluación de la compatibilidad entre los servicios de radiocomunicación y los sistemas Power Line Communications*. Instituto

Politécnico Nacional.

Martín, J., Alba, J., & Verdú, J. (2019). *Infraestructuras comunes de telecomunicación en viviendas y edificios*. S.A. EDITEX.

<https://books.google.com.mx/books?id=QKyZDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Membibre, F. (2019). *Diseño de una arquitectura para un enlace PLC de banda ancha de alta velocidad para entornos vehiculares o aeroespaciales*. Universidad de Alcalá.

Moscoso, M. (2015). *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*. [Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur].

http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/111/1/Moscoso_Manolo_Tra bajo_de_Investigacion_2015.pdf

Ordaz, J. (2019). *Programa Institucional del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre 2019-2024*.

Peláez, E., & Jiménez, P. (2018). *Diseño de un Sistema de Medición y Monitoreo del Consumo de Energía por Circuitos en el Hogar, Mediante Tecnología de Comunicación por Línea de Potencia*. Universidad Del Azuy.

PREMO, G. (2019). *Acoplador inductivo MICU 300A-S/LF*. PREMO Innovating in Magnetigs. <https://www.grupopremo.com/593-micu-300a-slf>

SEFIPLAN. (2016). *Organigrama del ITSMT*.

SEP. (2017). *Históricos de Matrícula*. Sistema Nacional de Estadística.

<https://sne.tecnm.mx/public/hismatricula2/30>

Serna, V. (2015, diciembre). Comunicaciones a través de la red eléctrica PLC. *Técnica Industrial, TI 312*.

Tp-Link. (2019). *Kit Extensor Powerline WiFi AV600*. Tp-Link. <https://www.tp-link.com/es/home-networking/powerline/tl-wpa4221-kit/>

Trimble, Inc. (2020). *SketchUp*. SketchUp. <https://www.sketchup.com/>