



Universidad tecnológica ECOTEC
FACULTAD DE INGENIERÍA

Título del trabajo:

Implementación de una red LAN sobre PLC (Power Line Communication) en las redes de distribución eléctrica, para la conexión a internet en escuelas públicas en zonas rurales de la provincia del Guayas en el Ecuador.

Línea de investigación:

Tecnologías de la información y comunicación

Modalidad de titulación:

Trabajo de integración curricular

Carrera:

Ingeniería en Tecnologías de la información

Título a obtener:

Ingeniero en Tecnologías de la información

Autor (a):

Juan Carlos Núñez Villavicencio

Tutores:

Mgtr. Wilson Polo González

PhD. Diego Andrés Peña Arcos

Samborondón - Ecuador

2023

DEDICATORIA

Quisiera dedicar este trabajo de titulación primero a DIOS, y al ángel que puso en mi vida que es mi madre Marianita Villavicencio quien ha estado en todo momento, la que siempre creyó en mí y a luchado alado mío en todo momento, también a mi padre a mis hermanos que siempre me han ayudado en todo momento y a todos aquellos que con su apoyo incondicional se han convertido en pilares fundamentales de mis nuevos logros.

Juan Carlos Núñez Villavicencio.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis amigos, cuyo apoyo incondicional y ánimo constante fueron un faro en los momentos desafiantes de este viaje universitario. A mis amados padres y hermanos, quiero agradecer por su amor, comprensión y sacrificio que me impulsaron a seguir adelante. A mis profesores, cuya dedicación y guía fueron fundamentales en mi formación académica y personal. Sin su invaluable contribución, este logro no habría sido posible.

Juan Carlos Núñez Villavicencio

**UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR METODOLÓGICO Y CIENTÍFICO PARA LA
PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

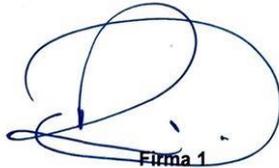
Samborondón, 1 de diciembre de 2023

Magíster
Erika Ascencio Jordán
Decana de la Facultad
Ingenierías
Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de integración curricular TITULADO: **“Implementación de una red LAN sobre PLC (POWER LINE COMMUNICATION) en las redes de distribución eléctrica, para la conexión a internet en escuelas públicas en zonas rurales de la provincia del Guayas en el Ecuador”** según su modalidad PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR; fue revisado, siendo su contenido original en su totalidad, así como el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía para su elaboración, Por lo que se autoriza al estudiante: **NUÑEZ VILLAVICENCIO JUAN CARLOS**, para que proceda con la presentación oral del mismo.

ATENTAMENTE,



Firma 1

PhD. Diego Peña Arcos
Tutor(a) metodológico



Firma 2

Mgtr. Wilson Polo
Tutor(a) de la ciencia

**UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Habiendo sido revisado el trabajo de integración curricular TITULADO:

Implementación de una red LAN sobre PLC (POWER LINE COMMUNICATION) en las redes de distribución eléctrica, para la conexión a internet en escuelas públicas en zonas rurales de la provincia del Guayas en el Ecuador

elaborado por **Juan Carlos Núñez Villavicencio** fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje de coincidencias del 10%, mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del Trabajo de integración curricular.

Adicional se adjunta el informe de dicho resultado.

ATENTAMENTE,



PhD. Diego Andrés Peña Arcos
Tutor metodológico



Mgtr Wilson Polo González
Tutor científico



TIC-2023S02- NUÑEZVILLAVICENCIOJUANCARLOS.

10%
Textos
sospechosos



10% Similitudes
< 1% similitudes entre
comillas
< 1% idioma no reconocido
0% Textos potencialmente
generados por IA

Nombre del documento: TIC-2023S02-
NUÑEZVILLAVICENCIOJUANCARLOS.pdf
ID del documento: dc1e9bd55929f4db8c281e775acfdd12d47e6e
Tamaño del documento original: 2,32 MB

Depositante: DIEGO ANDRÉS PEÑA ARCOS
Fecha de depósito: 1/12/2023
Tipo de carga: Interface
Fecha de fin de análisis: 1/12/2023

Número de palabras: 24.329
Número de caracteres: 177.540

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uta.edu.ec https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3421/1/1102304.pdf	2%		Palabras idénticas: 2% (200 palabras)
2	101_26_139.pdf https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3421/1/1102304.pdf	2%		Palabras idénticas: 2% (200 palabras)
3	www.tp-link.com TL-WPA7517 KIT KIT de Wi-Fi AV1000 Gigabit PowerLine ac T... https://www.tp-link.com/powerline/wpa7517-kit 1 fuente idéntica	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (238 palabras)
4	www.tp-link.com TL-WPA1000 KIT KIT PLC Wi-Fi AC AV1000 Gigabit TP-Link R... https://www.tp-link.com/powerline/wpa1000-kit - Incluye con el cable...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (147 palabras)
5	localbeat Estudio de factibilidad técnica e implementación demostrativa de la te... https://www.localbeat.com/bitstream/handle/2722261/9-CSC-PTG-1488-Avenida-Cevallos-Mauro-Vila...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (124 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	usaque.edu.ec Diseño de un Sistema de Medición y Monitoreo del Consu... https://www.usaq.edu.ec/bitstream/handle/7930/3713848.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	repositorio.usq.edu.ec https://repositorio.usq.edu.ec/bitstream/handle/2022/1/1102304.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
3	Estudio técnico/económico comparativo entre la tecnología PLC (Powerline comun... https://repositorio.usq.edu.ec/bitstream/handle/2022/1/1102304.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	www.calec.gov.ec La Imprenta https://www.calec.gov.ec/la-impresora/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
5	www.vialta.com Medidas o calibres de los alambres y cables eléctricos - CLSIT... https://www.vialta.com/2018/10/05/medidas-o-calibres-de-los-alambres-y-cables-electricos/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <http://www.google.com/>
- <https://www.speedtest.net/es>
- <https://www.controlrecursosenergia.gov.ec/lep>
- <https://repositorio.usq.edu.ec/bitstream/handle/2022/1/9-CSC-PTG>
- <https://repositorio.unl.edu.ec/bitstream/handle/1992/98762/1/80857>

Resumen

La presente investigación se enfoca en el desarrollo e implementación de una red LAN basada en la tecnología de Power Line Communication (PLC) dentro de las redes de distribución eléctrica. El objetivo principal radica en facilitar la conexión a internet en escuelas públicas situadas en áreas rurales de la costa ecuatoriana. Este estudio abordó exhaustivamente la tecnología PLC, evaluando su aplicación específica en las redes eléctricas y analizando tanto sus beneficios como los desafíos asociados con su integración en el entorno educativo.

La metodología empleada fue predominantemente cuantitativa. Se realizó una entrevista al administrador del Plantel para comprender las necesidades y desafíos de conectividad e internet. El enfoque correlacional utilizado identificó variables clave, evaluó la calidad educativa en relación con el acceso a internet y otras influencias como el rendimiento estudiantil, inversión, y estabilidad eléctrica. El diseño de investigación no experimental se enfocó en la planificación y evaluación de la implementación de la red de datos por PLC en escuelas rurales, incluyendo una muestra piloto y evaluaciones, para desarrollar un plan efectivo.

Los resultados obtenidos tras la implementación demostraron de manera concluyente que la adopción de una red LAN basada en PLC en las redes de distribución eléctrica es una alternativa viable y efectiva para proveer acceso a internet en escuelas públicas ubicadas en zonas rurales. Este enfoque no solo resuelve la conectividad, sino que también abre oportunidades significativas para mejorar la educación y la comunicación en entornos educativos rurales, impactando positivamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en el desarrollo de estas comunidades.

Palabras clave: PLC, red LAN, redes eléctricas, internet, escuelas públicas, zonas rurales, implementación.

Abstract

The current research focuses on the development and implementation of a LAN network based on Power Line Communication (PLC) technology within electrical distribution networks. The primary objective is to facilitate internet connectivity in public schools located in rural areas along the Ecuadorian coast. This study

extensively delved into PLC technology, evaluating its specific application in electrical networks and analyzing both its benefits and the challenges associated with its integration into the educational environment.

The methodology employed was predominantly quantitative. An interview was conducted with the school administrator to understand the needs and challenges regarding connectivity and internet access. The correlational approach used identified key variables, assessing educational quality in relation to internet access and other influences such as student performance, investment, and electrical stability. The non-experimental research design focused on planning and evaluating the implementation of the PLC-based data network in rural schools, including a pilot sample and assessments, to develop an effective plan. The results obtained after implementation conclusively demonstrated that adopting a PLC-based LAN in electrical distribution networks is a viable and effective alternative to provide internet access in public schools located in rural areas. This approach not only resolves connectivity issues but also opens significant opportunities to enhance education and communication in rural educational settings, positively impacting the teaching-learning process and the development of these communities.

Keywords: PLC, LAN network, electrical networks, internet, public schools, rural areas, implementation.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo I.....	4
1. Marco Teórico	4
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Situación Problemática	6
1.3 Objeto de Estudio.	6
1.4 Justificación.....	7
1.4.1 Brecha digital y educativa.....	7
1.4.2 Mejora de la calidad educativa.	7
1.4.3 Desarrollo socioeconómico.....	7
1.4.4 Inclusión y equidad.	7
1.4.5 Innovación tecnológica.	7
1.4.6 Relevancia local y nacional.....	8
1.5 Objetivos.	8
1.5.1 Objetivo General	8
1.5.2 Objetivos Específicos.....	8
1.6 Alcance.	8
1.6.1 Evaluación de viabilidad.	8
1.6.2 Despliegue de la red.	8
1.6.3 Evaluación de rendimiento.....	8
1.6.4 Impacto educativo y comunitario.	9
1.6.5 Identificación de desafíos y recomendaciones.....	9
1.6.6 Limitaciones del estudio.....	9
1.7 Delimitación del Objeto de la Investigación.....	9
1.7.1 Delimitación Geográfica.....	9
1.7.2 Delimitación Semántica.	10

1.8	Marco teórico fundamental.	14
1.8.1	Acceso a internet en la actualidad.....	14
1.8.2	Evolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) 15	
1.8.3	Acceso a Internet en la Actualidad	15
1.8.4	Desafíos en el Acceso a Internet en Zonas Rurales	16
1.8.5	Potencial de Power Line Communications (PLC) en Zonas Rurales.	16
1.9	Marco teórico conceptual.....	17
1.9.1	Sistema de red.....	17
1.9.2	Nuevas tecnologías de acceso a internet: PLC.....	19
1.9.3	Comparativa entre tecnología PLC y ADSL.	20
1.9.4	PLC (POWER LINE COMMUNICATION).....	21
1.9.5	Topología de red de acceso PLC.	22
1.9.6	PLC Banda Ancha (BB-PLC).....	23
1.9.7	Estandarización en PLC Banda Ancha BB-PLC.	23
1.9.8	Protocolo de comunicación.....	23
1.9.9	Estructura de las redes de acceso PLC.	25
1.9.10	Espectro y Modulación.....	27
1.9.11	Esquemas de modulación.....	28
1.9.12	Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM).....	29
1.9.13	Modelo OFDM para comunicaciones PLC.	30
1.9.14	Ruido de comunicación de la línea de potencia PLC.....	32
1.9.15	Red de Distribución.....	32
1.9.16	Elementos de una red PLC.....	32
1.9.17	Modem de cabecera (GATEWAY).....	33
1.9.18	Modem PLC.....	33
1.9.19	Repetidor PLC.....	33

1.9.20	Adaptadores Powerline,.....	34
1.9.21	Filtro de ruido	34
1.9.22	Ventajas del uso de tecnología PLC.....	34
1.9.23	Desventajas del uso de tecnología PLC.....	35
1.9.24	Redes de área Local (LAN).	36
1.9.25	Redes de área Extendida (WAN).	37
1.9.26	Última Milla.....	37
1.9.27	Distribución eléctrica.....	37
1.9.28	Torres de Transmisión.....	37
1.9.29	Líneas de Transmisión.....	38
1.9.30	Subestación eléctrica.....	38
1.9.31	Transformadores.....	38
1.10	Marco teórico situacional	39
1.10.1	Transmisión del sector eléctrico del Ecuador.....	39
1.10.2	Distribución de Energía Eléctrica en la provincia del Guayas.....	39
1.10.3	La tecnología PLC en Ecuador.....	41
1.10.4	Internet como herramienta de aprendizaje en el Guayas.	41
1.11	Marco teórico contextual.....	43
Capítulo II.....		47
2.	Metodología	47
2.1	Introducción a la Metodología.....	47
2.2	Enfoque correlacional.	47
2.3	Diseño de la Investigación	48
2.4	Población y Muestra	49
2.5	Procedimiento de Implementación de la Red LAN sobre PLC.....	50
2.5.1	Fase 1	50
2.5.2	Fase 2.	52

2.5.3	Fase 3.....	54
2.6	Limitaciones del Estudio	57
	Capítulo III.....	60
3.	Análisis e interpretación de resultados	60
3.1	Análisis del lugar de investigación del sector de la escuela piloto	60
3.2	Análisis y evaluación de las condiciones en las instalaciones eléctrica del cantón Palestina.....	61
3.3	Calibres de los cables eléctricos para instalaciones según estándar AWG. 62	
3.4	Análisis del cableado en escuelas y zonas rurales	63
3.5	Análisis y recopilación de datos de estado actual de las condiciones eléctricas de la escuela piloto y su evaluación.....	63
3.5.1	Diagrama de las instalaciones eléctricas de las aulas de la escuela piloto, ESCUELA BÁSICA DE EDUCACIÓN GENERAL LUZ DE AMÉRICA... 64	
3.5.2	Identificación de los puntos de accesos o tomas corrientes de las instalaciones de la escuela piloto.	65
3.5.3	Pruebas de las condiciones de los puntos eléctricos y cumplimiento para la conexión de dispositivos PLC.....	66
3.5.4	Dispositivos potenciales que se conectarán en los puntos de accesos. 66	
3.6	Entrevista semiestructurada	67
3.6.1	Propósito de la investigación.	67
3.6.2	Información general.	67
3.6.3	Preguntas.....	67
3.6.4	Preguntas de conectividad eléctrica.	69
3.7	Análisis y recomendaciones para la correcta instalación eléctrica en las escuelas públicas, plan piloto.	70

3.8	Planificación de la red PLC dentro de la instalación eléctrica de la escuela piloto.	71
	Capítulo IV	74
4.	Propuesta.....	74
4.1	Características de los equipos.....	75
4.1.1	Equipos en el mercado para la implementación red LAN PLC	75
4.2	Implementación de la red LAN PLC en la escuela piloto “Escuela Básica De Educación General Luz De América”	77
4.2.1	Tabla de especificaciones técnicas del modelo escogido de la marca TP-LINK TL-WPA7517para la implementación en la escuela piloto.	77
4.3	Estructura Topológica.	78
4.3.1	Topología de la red LAN PLC.....	78
4.4	Conexiones de la red LAN PLC en la escuela piloto en el sector rural de Palestina provincia del Guayas.	78
4.5	Equipos utilizados para la prueba piloto.....	79
4.6	Comunicación WAN como enlace hacia el internet.....	79
4.7	Configuración router GSM	80
4.8	Configuración del Firewall y políticas de seguridad en conexión.....	82
4.9	Configuración del equipo TP-LINK PLC	83
4.10	Direccionamiento de la red LAN PLC	85
4.11	Configuración de seguridad en el dispositivo PLC TP-LINK.....	86
4.12	Registros del sistema o Log de alertas.....	87
4.13	Configuración de la red Inalámbrica para pruebas en dispositivos móviles. 88	
4.14	Seguridad de la red PLC en los dispositivos.	90
4.15	Configuración de seguridad por Mac-address.....	91
4.16	Copia de seguridad en dispositivo PLC.....	92
4.17	Actualización Firmware del Dispositivo PLC	93

4.18	Prueba de conexión de la red a internet dentro de la escuela piloto.	94
4.19	Pruebas de conectividad en las direcciones internas de red LAN PLC.	97
4.20	Herramienta en línea para el testeo de velocidad y conexión a internet	99
Conclusiones.....		102
Recomendaciones.		103
Bibliografía		104

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Detalles de Medios Guiados</i>	18
Tabla 2 <i>Tabla de Medios No Guiados</i>	18
Tabla 3 <i>Características de tecnologías</i>	20
Tabla 4 <i>Protocolos de Comunicación</i>	24
Tabla 5 <i>Sostenimiento fiscal en zonas rurales de Guayas</i>	43
Tabla 6 <i>Tabla de estándar de tipo de calibre de cable</i>	62
Tabla 7 <i>Tabla de especificaciones técnicas</i>	77

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación geográfica de la escuela “Luz de América”</i>	9
Figura 2 <i>Tipos de acopladores</i>	26
Figura 3 <i>Topología de la red PLC de baja tensión</i>	27
Figura 4 <i>Proceso de modulación de una señal</i>	28
Figura 5 <i>Multiplexación y Demultiplexación (FDM)</i>	29
Figura 6 <i>Espectro de señal OFDM</i>	30
Figura 7 <i>Eficiencia espectral de OFDM en comparación con FDM convencional</i>	30
Figura 8 <i>Esquema de un sistema OFDM en banda base</i>	31
Figura 9 <i>Espectro de frecuencia de un símbolo OFDM</i>	31
Figura 10 <i>Territorio de CNEL EP por provincia</i>	40
Figura 11 <i>Infraestructura de CNEL EP</i>	40
Figura 12 <i>Infraestructura de CNEL EP</i>	41
Figura 13 <i>Instituciones Educativas fiscales de zonas rurales de la provincia del Guayas</i>	42
Figura 14 <i>Lugar de la Investigación</i>	60
Figura 15 <i>Evidencia eléctrica</i>	63
Figura 16 <i>Evidencia eléctrica</i>	64
Figura 17 <i>Diagrama de las instalaciones eléctricas</i>	64
Figura 18 <i>Tomacorriente encontrado</i>	65
Figura 19 <i>Pruebas en tomas de corriente</i>	66
Figura 20 <i>AV1000 Gigabit Powerline - Características</i>	75
Figura 21 <i>Scalance M826-2 SHDSL-Router</i>	76

Figura 22 <i>Módulo neta-01 abb características.</i>	76
Figura 23 <i>TL-WPA7517. Kit de Wi-Fi AV1000 Gigabit Powerline ac.</i>	76
Figura 24 <i>Topología de la Red.</i>	78
Figura 25 <i>Evidencia de conexión.</i>	78
Figura 26 <i>Evidencia uso de equipos.</i>	79
Figura 27 <i>Configuración IP 1.</i>	80
Figura 28 <i>Configuración IP 2.</i>	80
Figura 29 <i>Configuración Ancho de Banda.</i>	81
Figura 30 <i>Configuración del Firewall.</i>	82
Figura 31 <i>Estado del Router.</i>	83
Figura 32 <i>Configuración Router.</i>	84
Figura 33 <i>Interface PLC.</i>	84
Figura 34 <i>Dispositivos conectados.</i>	85
Figura 35 <i>Direccionamiento IP.</i>	86
Figura 36 <i>Configuración de Seguridad.</i>	86
Figura 37 <i>Registro de Sistema.</i>	87
Figura 38 <i>Configuración de red inalámbrica.</i>	88
Figura 39 <i>Configuración de Control.</i>	90
Figura 40 <i>Configuración Mac Address.</i>	91
Figura 41 <i>Copia de Seguridad.</i>	92
Figura 42 <i>Actualización de Firmware.</i>	93
Figura 43 <i>Herramienta de actualización de Firmware.</i>	93
Figura 44 <i>Test de Conectividad 1.</i>	94
Figura 45 <i>Test de Conectividad 2.</i>	95
Figura 46 <i>Test de Conectividad 3.</i>	95
Figura 47 <i>Comprobación de Ping 1.</i>	97
Figura 48 <i>Comprobación de Ping 2.</i>	98
Figura 49 <i>Comprobación de Ping 3.</i>	98
Figura 50 <i>Test de Velocidad.</i>	99
Figura 51 <i>Evidencia de la conexión Red LAN.</i>	100

Introducción.

En el escenario global actual, donde la educación se posiciona como un pilar indispensable, la necesidad de alcanzar diversas ubicaciones se hace evidente. El internet surge como un recurso crucial en todos los ámbitos, destacando su importancia aún más en las zonas rurales caracterizadas por carencias de conectividad. Este estudio se centra en la implementación de una red de área local (LAN) sobre Power Line Communication (PLC) en las escuelas rurales de la provincia del Guayas, Ecuador.

La educación en entornos rurales adquiere una relevancia insustituible debido al analfabetismo, las deficiencias en el aprendizaje y la limitada accesibilidad a internet, un recurso esencial para la educación contemporánea. La plataforma digital puede ser efectivamente empleada para planes de investigación, métodos didácticos y programas educativos de alta calidad, y puede superar las barreras geográficas mediante la participación de profesionales que imparten clases de forma virtual.

Citando a (Bekerman & Rondanini, 2020), quienes reconocen al internet como una fuerza impulsora del desarrollo, subrayamos la importancia de facilitar y ampliar su acceso para cerrar brechas digitales. En este contexto, la provincia del Guayas en Ecuador presenta una infraestructura eléctrica existente que cubre gran parte del territorio, brindando una oportunidad única para utilizarla como medio de comunicación para transmitir datos e interconectar a la red global de internet.

El propósito fundamental de este trabajo es contribuir al acceso a Internet en las zonas rurales del Guayas, capitalizando la infraestructura eléctrica para llegar a las escuelas mediante la línea de potencia. La metodología propuesta implica un análisis detallado de las necesidades de conectividad de las escuelas, seguido de la instalación de dispositivos PLC en la red eléctrica existente. Con pruebas de rendimiento para garantizar eficacia y estabilidad, y se proporcionará formación a docentes y estudiantes para maximizar el aprovechamiento de los recursos digitales.

Los objetivos de este estudio se centran en: Implementar una red LAN sobre PLC en escuelas rurales, Facilitar el acceso a internet de alta velocidad en entornos educativos, Fomentar el uso de tecnologías digitales en la enseñanza

y el aprendizaje, Establecer una infraestructura tecnológica sostenible. Al alcanzar estos objetivos, se busca mejorar significativamente la calidad educativa en estas comunidades, cerrando la brecha digital y sentando las bases para el desarrollo tecnológico sostenible en la provincia del Guayas.

MARCO TEÓRICO
CAPITULO I

Capítulo I

1. Marco Teórico

1.1 Planteamiento del Problema

A medida que el tiempo avanza, la brecha educativa se amplía, y el internet se convierte en un recurso indispensable en la educación, ofreciendo diversas herramientas en el campo de la tecnología de la información. Sin embargo, en muchas zonas rurales de Ecuador, específicamente en la provincia del Guayas, no hay cobertura de internet o falta la infraestructura necesaria para obtener este servicio. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2022), el 40% de la población no tiene conexión a internet en sus hogares en Ecuador.

A pesar de la abrupta transición a entornos virtuales debido a la pandemia de COVID-19, muchas instituciones educativas mantienen modalidades virtuales o híbridas. Esto ha permitido la participación de profesionales de otros países en la impartición de conocimientos y ha brindado a los docentes la oportunidad de enseñar desde lugares remotos. Además, se han generado numerosas oportunidades de empleo en teletrabajo para docentes y profesionales de distintos campos.

En esta era, internet se ha convertido en un componente esencial para mejorar las formas de aprendizaje y ampliar el acceso a la educación en niños y adolescentes. Sin embargo, para lograr esto, es fundamental contar con una conexión de internet estable y de alta velocidad. Lamentablemente, muchas escuelas en zonas rurales, especialmente en la costa ecuatoriana, carecen de recursos o de conectividad para que los docentes implementen material didáctico o herramientas educativas modernas.

El acceso a internet puede contribuir significativamente a reducir el analfabetismo en niños y fomentar nuevas formas de aprendizaje a través de herramientas didácticas en línea. En una sociedad interconectada, el acceso a internet es crucial para el desarrollo diario de las actividades del ser humano moderno.

En las zonas rurales de la provincia del Guayas, las escuelas más alejadas no tienen cobertura de conexión de empresas proveedoras de internet. Esto puede ser debido a la falta de puntos de conexión o interferencias causadas por factores naturales o humanos. Esta carencia de medios de comunicación está

obstaculizando el progreso hacia la era del conocimiento. Aunque varias compañías de internet tienen medios de transmisión, como vía cable o radio, ciertas áreas carecen de nodos para transmitir datos o sufren interrupciones debido a cortes de cable, afectando la comunicación en estos lugares apartados. Durante la pandemia, muchas familias no pudieron instalar servicios de internet residenciales para que sus hijos accedieran a clases virtuales, y las escuelas rurales a menudo carecían de conexión a internet en sus laboratorios. Esto resultó en dificultades para que los docentes impartieran clases, ya sea por falta de conectividad o interferencias en la comunicación. El problema radica en que gran parte de la infraestructura de internet del país está en manos del sector privado, un escenario atípico en comparación con otros servicios que requieren una gran infraestructura.

Dentro del ámbito académico, el uso de internet influye significativamente en el rendimiento de los alumnos al aplicar estrategias pedagógicas y metodológicas que mejoran la calidad educativa. Según Vayas (2018), es crucial comprender la influencia de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) en el rendimiento académico de los estudiantes para lograr mejores resultados en las unidades educativas.

Según el Ministerio de Educación, el desarrollo profesional docente en el uso de TIC impacta directamente a los estudiantes, ya que se capacita a los docentes en la generación de recursos sostenibles para el uso de tecnologías en los establecimientos educativos, implementación de iniciativas de monitoreo y evaluación, y desarrollo de capacidades locales para apoyar programas TIC. Esto permite una sostenibilidad a nivel regional y nacional (Molina & Mesa, 2019).

El acceso a internet es esencial para la enseñanza en la actualidad. Se necesita una conexión óptima y accesible tanto para los alumnos como para los docentes que imparten clases, utilizando herramientas y materiales de apoyo. Las áreas rurales remotas enfrentan problemas de conectividad con el servicio de internet. Lograr que este servicio llegue a las escuelas rurales del Guayas es crucial para avanzar en la educación y la innovación tecnológica. Se requiere una comunicación que asegure la continuidad del servicio, garantizando su calidad y

llegando a cada escuela sin acceso a internet para mejorar el sistema educativo en la juventud

1.2 Situación Problemática

La problemática reside en la falta de acceso confiable a Internet en las escuelas públicas de las zonas rurales costeras de Ecuador. Esta limitación impacta negativamente la calidad educativa al restringir el acceso de estudiantes y docentes a recursos educativos en línea, herramientas de investigación, programas educativos interactivos y oportunidades de aprendizaje colaborativo. En estas áreas, la infraestructura de comunicaciones es limitada o inexistente, dificultando la implementación de tecnologías convencionales de conectividad a Internet, como redes de fibra óptica o conexiones inalámbricas tradicionales. Esta situación crea una brecha digital que perpetúa la desigualdad educativa entre zonas urbanas y rurales, limitando el acceso a información y conocimiento necesarios para el desarrollo educativo y social de los estudiantes. El problema se agrava al considerar que el acceso a Internet se ha vuelto fundamental en la educación contemporánea, proporcionando acceso a recursos educativos en línea, herramientas de colaboración y comunicación, y oportunidades de aprendizaje enriquecedoras necesarias para preparar a los estudiantes para un mundo cada vez más digitalizado.

1.3 Objeto de Estudio.

El objeto de estudio de la presente investigación es la implementación de una red LAN sobre PLC (Power Line Communication) en las redes de distribución eléctrica para facilitar la conexión a Internet en escuelas públicas ubicadas en zonas rurales de la costa del Ecuador.

Este objeto de estudio implica analizar y desarrollar una solución tecnológica específica basada en la transmisión de datos a través de la red eléctrica existente, utilizando la tecnología PLC. Se centrará en la adaptación e implementación de esta tecnología en entornos escolares rurales con el propósito de brindar acceso a Internet de manera confiable y eficiente.

El estudio comprenderá la evaluación de la viabilidad técnica y operativa de la implementación de redes LAN sobre PLC en entornos educativos rurales, considerando factores como la infraestructura eléctrica existente, la capacidad de transmisión de datos, la estabilidad de la conexión, la seguridad de la red y la

accesibilidad para los usuarios finales, es decir, los estudiantes, docentes y personal administrativo de las escuelas.

Asimismo, el objeto de estudio involucra la identificación y análisis de los beneficios, desafíos, limitaciones y posibles mejoras de esta solución tecnológica en el contexto específico de las escuelas públicas en zonas rurales de la costa ecuatoriana.

1.4 Justificación.

1.4.1 Brecha digital y educativa.

Existe una brecha significativa en el acceso a la tecnología y la educación entre las zonas urbanas y rurales. Esta implementación busca reducir esa brecha al proporcionar acceso a Internet en entornos educativos que carecen de infraestructura de conectividad adecuada.

1.4.2 Mejora de la calidad educativa.

El acceso a Internet es crucial para enriquecer el aprendizaje con recursos educativos en línea, permitiendo a estudiantes y docentes acceder a información actualizada, recursos multimedia y herramientas de colaboración que mejoran la calidad de la educación.

1.4.3 Desarrollo socioeconómico.

Facilitar el acceso a la tecnología y la educación en zonas rurales puede tener un impacto positivo en el desarrollo socioeconómico de la comunidad, preparando a los estudiantes para un futuro más tecnológico y brindándoles oportunidades para desarrollar habilidades relevantes para el mercado laboral.

1.4.4 Inclusión y equidad.

Esta implementación busca promover la inclusión digital al brindar igualdad de oportunidades educativas a comunidades rurales, asegurando que los estudiantes tengan acceso a recursos y herramientas que fomenten su desarrollo académico y personal.

1.4.5 Innovación tecnológica.

La utilización de la tecnología PLC para establecer redes de comunicación sobre la infraestructura eléctrica existente representa una solución innovadora y de bajo costo para superar los desafíos de conectividad en áreas con recursos limitados.

1.4.6 Relevancia local y nacional.

Esta investigación no solo beneficia a la comunidad escolar específica en Palestina, Guayas, sino que también puede servir como un modelo replicable para otras escuelas rurales en Ecuador y en contextos similares a nivel nacional e incluso internacional.

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo General

Realizar un estudio de implementación de una red de transmisión de datos con óptima conexión a Internet mediante línea de potencia por medio de la red eléctrica para que sirva en las mejoras de avances en la educación y comunicación de escuelas rurales de la provincia del Guayas, Ecuador.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Efectuar estudios de la conexión eléctrica en las zonas rurales de la provincia del Guayas.
- Identificar los puntos de acceso y las condiciones de los dispositivos que desea conectarse por medio de la electricidad.
- Acoplar los dispositivos PLC en los puntos de acceso a las necesidades deseadas realizando pruebas y verificando la conectividad de datos y la calidad de la señal en el sector aplicado.

1.6 Alcance.

1.6.1 Evaluación de viabilidad.

Analizar la viabilidad técnica y económica de implementar una red LAN sobre PLC en la infraestructura eléctrica existente de la escuela, considerando la disponibilidad de recursos y la adaptación necesaria.

1.6.2 Despliegue de la red.

Implementación física y técnica de la red LAN sobre PLC, incluyendo la instalación de equipos, configuración de la red y pruebas de funcionamiento para garantizar una conexión estable y segura.

1.6.3 Evaluación de rendimiento.

Realizar pruebas de velocidad, estabilidad y capacidad de la red para asegurar un acceso confiable a Internet en la escuela. Evaluar el rendimiento de la red en condiciones reales de uso por parte de estudiantes y docentes.

1.6.4 Impacto educativo y comunitario.

Evaluar el impacto de la implementación en la comunidad educativa, analizando cómo el acceso a Internet mejora los procesos de enseñanza-aprendizaje, la participación de los estudiantes y la interacción entre docentes y alumnos.

1.6.5 Identificación de desafíos y recomendaciones.

Identificar posibles desafíos encontrados durante la implementación y proponer recomendaciones para superarlos. Esto podría incluir aspectos técnicos, de mantenimiento, capacitación o cualquier otro aspecto relevante.

1.6.6 Limitaciones del estudio.

Reconocer y explicar las limitaciones que podrían haber afectado el alcance completo de la implementación, como limitaciones financieras, de tiempo o técnicas, y cómo estas pueden haber influido en los resultados.

1.7 Delimitación del Objeto de la Investigación.

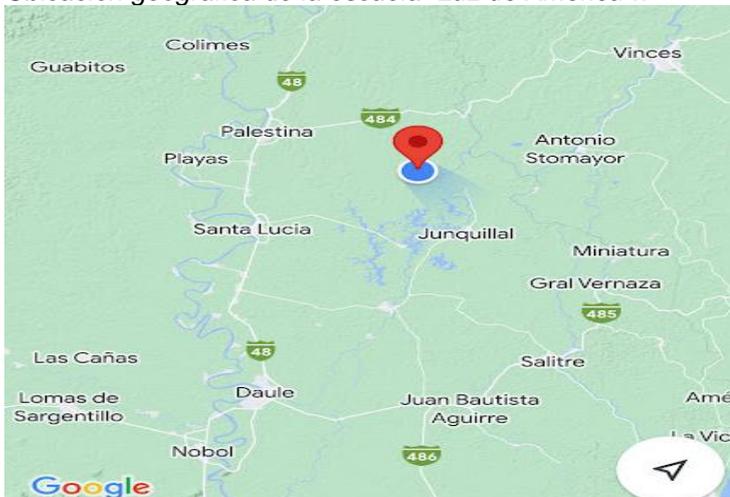
1.7.1 Delimitación Geográfica.

Ubicación específica: El estudio se centrará exclusivamente en la implementación de la red LAN sobre PLC en la "Escuela Básica de Educación General Luz de América", ubicada en Palestina, provincia del Guayas, Ecuador.

Área de influencia: La investigación se limitará al entorno inmediato de esta escuela en Palestina, Guayas. Esto incluirá la infraestructura eléctrica disponible en la zona, así como la cobertura y alcance de la red LAN sobre PLC dentro de la institución educativa.

Figura 1

Ubicación geográfica de la escuela "Luz de América".



Fuente: Google (2023).

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Contexto local: Se tomarán en consideración las particularidades socioeconómicas, geográficas y culturales de la comunidad en Palestina, Guayas. Esto puede incluir la densidad poblacional, características socioeconómicas de los habitantes y cualquier otro aspecto relevante para la implementación de la red en esa área.

Interacción con la comunidad educativa: Se estudiará el impacto de la implementación de la red LAN sobre PLC específicamente en la "Escuela Básica de Educación General Luz de América" y su comunidad educativa, incluyendo estudiantes, docentes, personal administrativo y padres de familia, si aplica.

1.7.2 Delimitación Semántica.

En el contexto de la presente investigación sobre la implementación de una red LAN sobre PLC en la "Escuela Básica de Educación General Luz de América" en Palestina, Guayas, Ecuador, se delimita semánticamente el estudio de la siguiente manera:

1.7.2.1 Red LAN sobre PLC.

Una red LAN basada en PLC (Power Line Communication) es un sistema de comunicación de datos que utiliza la red eléctrica existente para transmitir información entre dispositivos dentro de una localidad o instalación específica. Utiliza los cables eléctricos como medio de transmisión de datos, permitiendo la comunicación entre diferentes dispositivos conectados a esa misma red eléctrica.

Los estándares y protocolos comunes utilizados en una red LAN basada en PLC pueden incluir:

- HomePlug: Especificación estándar para redes PLC en entornos domésticos.
- G.hn (Gigabit home networking): Estándar internacional para redes domésticas que incluye múltiples tecnologías de cableado como coaxial, línea telefónica y cableado eléctrico.
- IEEE 1901: Estándar para comunicaciones PLC que proporciona especificaciones para redes de banda ancha sobre líneas eléctricas.

Estos estándares y protocolos proporcionan las directrices técnicas para la transmisión de datos a través de la red eléctrica, estableciendo parámetros de modulación, seguridad, acceso al medio y gestión de la red. Permiten la

transmisión de información a través de los cables eléctricos manteniendo la integridad de los datos y la eficiencia de la comunicación en entornos locales.

1.7.2.2 Conexión a Internet.

La conexión a Internet que se busca establecer mediante la implementación de la red LAN sobre PLC en la escuela tiene como objetivo proporcionar un acceso confiable y efectivo a una serie de servicios en línea para mejorar la calidad educativa. Algunos de los parámetros y características específicas de esta conexión pueden incluir:

- **Velocidad:** Se busca una velocidad de conexión adecuada que permita la transmisión rápida de datos. Dependiendo de las necesidades, se podría apuntar a velocidades que permitan acceder y descargar contenido educativo, realizar videoconferencias y cargar recursos en línea de manera eficiente.
- **Estabilidad:** La conexión debe ser estable y consistente para garantizar un acceso continuo a recursos en línea y herramientas educativas sin interrupciones significativas.
- **Acceso a recursos educativos:** Se busca proporcionar acceso a plataformas educativas en línea, bibliotecas digitales, herramientas de colaboración y comunicación, software educativo y material didáctico interactivo.
- **Capacidad de carga y descarga:** Se busca tener una capacidad de carga y descarga que permita a los estudiantes y docentes compartir y acceder a archivos, documentos, presentaciones y material educativo de manera eficiente.
- **Seguridad:** La conexión debe contar con medidas de seguridad adecuadas para proteger la red y los datos sensibles de la escuela, como firewalls, cifrado de datos y medidas para proteger la integridad de la red.
- **Compatibilidad y escalabilidad:** Se busca una conexión que pueda adaptarse y crecer conforme aumenten las necesidades de la escuela, permitiendo una fácil expansión y actualización de la red en el futuro.

Estos aspectos buscan garantizar que la conexión a Internet a través de la red LAN sobre PLC satisfaga las necesidades educativas específicas de la escuela,

facilitando un entorno propicio para el aprendizaje interactivo, la colaboración y el acceso a recursos educativos de calidad.

1.7.2.3 Zonas rurales y contexto socioeconómico.

En el contexto de Palestina, Guayas, las zonas rurales generalmente se refieren a áreas fuera de los centros urbanos principales o metropolitanos. Estas áreas rurales suelen tener características distintivas:

- **Menor densidad poblacional:** Las zonas rurales tienden a tener una menor concentración de población en comparación con las áreas urbanas. Las comunidades están dispersas y pueden estar separadas por distancias significativas.
- **Economía basada en la agricultura:** Las actividades económicas predominantes suelen estar relacionadas con la agricultura, ganadería u otras actividades rurales. Las comunidades a menudo dependen de la agricultura de subsistencia o de pequeña escala como fuente principal de ingresos.
- **Infraestructura limitada:** Pueden enfrentar limitaciones en servicios básicos como acceso a agua potable, electricidad confiable, transporte y comunicaciones. La infraestructura tecnológica, incluyendo la conectividad a internet, puede ser deficiente o inexistente.
- **Niveles socioeconómicos variados:** Las zonas rurales pueden experimentar niveles variables de desarrollo socioeconómico. Algunas comunidades pueden enfrentar carencias significativas en términos de educación, salud y acceso a oportunidades económicas.

Estas características socioeconómicas podrían influir en la implementación y utilización de la red LAN sobre PLC en la escuela de Palestina, Guayas. Las limitaciones en la infraestructura tecnológica y de comunicaciones previas podrían afectar la capacidad de implementar una red eficiente. Además, los recursos económicos limitados de la comunidad podrían dificultar la adopción generalizada de tecnologías nuevas o la capacitación para utilizar eficazmente los recursos en línea disponibles a través de esta red.

1.7.2.4 Impacto educativo y comunitario.

El impacto educativo y comunitario que se puede considerar en el estudio de la implementación de la red LAN sobre PLC en la Escuela Básica de Educación

General Luz de América podría abarcar diversos aspectos. Algunos indicadores específicos podrían ser:

- **Acceso mejorado a recursos educativos:** Se podría medir el aumento en la disponibilidad y utilización de recursos educativos en línea, como plataformas de aprendizaje, bibliotecas digitales, contenido interactivo, y material didáctico enriquecido.
- **Participación y compromiso estudiantil:** Se podría observar un aumento en la participación de los estudiantes en actividades educativas en línea, así como un mayor compromiso con las tareas y el material educativo.
- **Desarrollo de habilidades digitales:** Se podría evaluar el incremento en las habilidades digitales de estudiantes y docentes, reflejado en la capacidad para utilizar herramientas en línea, navegar recursos digitales y trabajar eficazmente en entornos virtuales.
- **Cambio en los métodos de enseñanza:** Se podría analizar si se producen cambios significativos en los métodos de enseñanza y aprendizaje, como la incorporación de prácticas educativas más interactivas, colaborativas y adaptativas.
- **Mejora en el rendimiento académico:** Se podría medir si hay un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes, reflejado en mejoras en los resultados de exámenes, trabajos académicos o evaluaciones periódicas.
- **Inclusión y equidad:** Se podría evaluar si la implementación de la red LAN sobre PLC contribuye a una mayor inclusión y equidad educativa, asegurando un acceso más igualitario a oportunidades educativas y recursos en línea para todos los estudiantes, independientemente de su ubicación o situación socioeconómica.

Estos indicadores podrían proporcionar una visión amplia de cómo la implementación de la red LAN sobre PLC podría afectar tanto el entorno educativo como la comunidad en general, ayudando a medir su impacto en términos de acceso, participación, calidad educativa y equidad.

1.8 Marco teórico fundamental.

La información y la comunicación datan de tiempos prehistóricos; un ejemplo de ello son las pinturas rupestres que revelan la organización de un sistema de transmisión de señales entre los habitantes de esas épocas. Estas formas han evolucionado con la creación de nuevas tecnologías que facilitaron el intercambio de información. Sin embargo, no fue sino hasta los años 70 cuando inició la 'era digital'; los avances científicos en el campo de la electrónica impulsaron las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), combinando esencialmente la electrónica con el software. Existen múltiples ejemplos de TIC, como el teléfono, los teléfonos celulares, la imprenta, el correo y las computadoras, pero sin duda, el que ha causado un mayor impacto en el desarrollo de las sociedades es internet. (Martín, Canchola, & Mayén, 2017)

1.8.1 Acceso a internet en la actualidad

En una sociedad interconectada, el acceso a internet es fundamental para el desarrollo de actividades cotidianas del ser humano moderno. Es por esto, que la Organización de las Naciones Unidas (ONU), declaró el acceso a internet como un derecho humano en el año 2016. De igual manera contribuye, de manera directa o indirecta, al cumplimiento de al menos siete de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. (Guim & Llanos, 2019)

Existen diversidad de formas para contar con acceso a internet, estos pueden ser inalámbricos, banda ancha, por teléfono, satelital. En el país se ofrecen diversos servicios comerciales basados en una variedad de tecnologías, siendo esto saludable porque se fomenta la competencia y además que los entes reguladores tienen normado el uso de los diferentes medios de transmisión. (Guim & Llanos, 2019)

Sin embargo, existe una notoria diferencia en cuanto al acceso a este servicio entre zonas rurales y urbanas, mientras en las zonas urbanas este servicio es considerado como básico encontramos zonas rurales las cuales este servicio es provisto por un proveedor, o ninguno en ciertos lugares y la calidad de este servicio no es muy satisfactoria. Durante los últimos años este servicio ha tenido un considerable crecimiento, a pesar de ello aún hay demandas por satisfacer. En Ecuador, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) trabaja en

el proyecto Conectando Comunidades, que tiene como objetivo dotar de conectividad wifi a zonas rurales y alejadas. (Méndez, 2021)

En el país, cerca del 50% de los hogares cuentan con internet fijo; de ellos solo el 18,4% con acceso a internet fijo se encuentra en zonas rurales; y, solamente el 35% de los hogares en condición rural poseen acceso a internet, principalmente servidos por pequeños operadores u operadores informales. Además, las velocidades de internet fijo varían significativamente entre las parroquias de carácter urbano en contraste con las rurales, donde la disponibilidad y velocidad del servicio es hasta un 20% menor.

En este sentido, se plantea la posibilidad de establecer una conexión efectiva a través de PLC en los lugares más lejanos de la urbe donde los hogares carecen de una conexión ADSL o de fibra óptica. También puede ser una alternativa para aquellos sitios que, aun cuando cuentan con todo lo necesario para entablar la interconexión, poseen un medio congestionado e inestable. (Espín, Jaramillo, Montalvo, Yupa, & Vivas, 2022)

1.8.2 Evolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

Desde tiempos prehistóricos, la necesidad humana de comunicarse ha llevado al desarrollo de diversos medios de intercambio de información. Incluso en las eras más antiguas, como lo atestiguan las pinturas rupestres, se evidencia la organización de sistemas de señales entre las comunidades. No obstante, la verdadera revolución en las formas de comunicación ocurrió en los años 70, dando inicio a la 'era digital'. En este periodo, los avances científicos en electrónica propiciaron el surgimiento de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), fusionando la electrónica con el software. Esta convergencia ha dado lugar a dispositivos y tecnologías que han transformado la forma en que las sociedades se comunican y comparten información. Ejemplos destacados incluyen el teléfono, los teléfonos celulares, la imprenta, el correo y, sobre todo, internet (Martín, Canchola, & Mayén, 2017).

1.8.3 Acceso a Internet en la Actualidad

En la sociedad moderna, el acceso a internet se ha convertido en un componente esencial para la realización de actividades cotidianas. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) reconoce la importancia de este acceso al declararlo un

derecho humano en 2016. Esta declaración destaca el papel fundamental que desempeña internet en el cumplimiento de varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. En este contexto, existen diversas modalidades de acceso, como las conexiones inalámbricas, banda ancha, telefonía y satelital. En Ecuador, se promueve la competencia y se regula el uso de estas tecnologías para garantizar un acceso equitativo y eficiente (Guim & Llanos, 2019).

1.8.4 Desafíos en el Acceso a Internet en Zonas Rurales

A pesar de los avances, persisten desafíos significativos en el acceso a internet, especialmente en las zonas rurales. La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) de Ecuador ha respondido a esta brecha mediante el proyecto "Conectando Comunidades", que busca dotar de conectividad wifi a estas áreas remotas y alejadas. Sin embargo, las estadísticas revelan disparidades notables: aproximadamente el 50% de los hogares en Ecuador tienen acceso a internet fijo, pero solo el 18,4% de estos hogares se encuentra en zonas rurales. La conexión en áreas rurales, a menudo proporcionada por pequeños operadores u operadores informales, enfrenta desafíos en velocidad y disponibilidad, siendo hasta un 20% menor en comparación con las áreas urbanas (Méndez, 2021).

1.8.5 Potencial de Power Line Communications (PLC) en Zonas Rurales.

Frente a estas disparidades, se plantea la posibilidad de utilizar Power Line Communications (PLC) como una solución efectiva para establecer una conexión de internet en lugares remotos, alejados de las áreas urbanas. Esta tecnología ofrece una alternativa viable para aquellas ubicaciones que, aunque cuentan con la infraestructura necesaria, enfrentan problemas de congestión e inestabilidad en los medios de conexión tradicionales. Asimismo, se observa que el 18,4% de los hogares rurales con acceso a internet fijo podría beneficiarse de la implementación de PLC como una opción adicional para mejorar la calidad y estabilidad de la conexión. Esta propuesta se alinea con los esfuerzos de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) y su proyecto "Conectando Comunidades", permitiendo abordar eficazmente la brecha digital y ofrecer oportunidades de desarrollo en áreas rurales (Espín, Jaramillo, Montalvo, Yupa, & Vivas, 2022).

1.9 Marco teórico conceptual

Actualmente se pueden encontrar en el mercado numerosas formas en las que se pueden conectar los ordenadores o redes dependiendo de cuál es la que más se adapta a las necesidades del usuario final, para ello existen distintas tecnologías utilizadas para tener acceso a internet. Las tecnologías empleadas para contar con acceso a internet se las puede dividir en dos grandes grupos:

Conectividad clásica: Conmutada o permanente: *RTC, RDSI, GSM*

Sistemas que permiten el acceso desde nuestra ubicación hasta la del proveedor de internet mediante una llamada conmutada. Para esto debe establecerse una llamada y la conexión no es permanente ya que se corta al finalizar la sesión de internet del usuario.

Nuevas tecnologías: **ADSL, CATV, LMDS, UMTS, SAT, TDT, WIFI, G-Ethernet y PLC** que es la tecnología en la que se enfoca este trabajo.

1.9.1 Sistema de red.

Es un conjunto de elementos con propiedades comunes que se encuentran interconectados o vinculados por un medio guiado o no guiado, con el propósito de compartir y mejorar los recursos a través de medio en específico, entre aquellos medios es fácil encontrar los siguientes: (Mero M., 2022). Esto permite al usuario acceder a los servicios de telecomunicaciones mediante tecnologías que se clasifican según su soporte físico usado. Los sistemas usados para unir al cliente con la red de comunicaciones del proveedor se pueden clasificar en medios guiados como la fibra óptica, cable coaxial y en medios no guiados como el acceso inalámbrico mediante radio, además de la introducción de nuevas tecnologías como la PLC.

Guiados: Son todos aquellos que guían o conducen las señales a través de un recorrido físico continuo. Entre ellos:

Tabla 1

Detalles de Medios Guiados

MEDIO	CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS
Fibra Óptica	Es un filamento extremadamente delgado, su composición es extraída por un procedimiento químico.	Dieléctrico
	Diseñado para transmitir datos a larga distancia.	Filamento de vidrio o silicio fundido
		Ligero
		Transparente
Cable Coaxial	Se trata de un tipo de cable que en el interior está conformado por un cable conductor que en la mayoría de las ocasiones es un cable de cobre. Este medio es muy común al ser un pionero en la utilización para sistemas de TV	Transmisión Analógica.
		Necesita amplificadores.
		Medio Versátil.
		Inmune a interferencias.
Par Trenzado	Su nombre se debe a su composición. Al ser un tipo de cable que en su interior vienen entrelazados por colores.	Material ligeramente económico.
		Posee 8 hilos en su interior.
		Común en redes domésticas.
		Precios y características variables.

Fuente: (Mero M., 2022)

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

No guiados: Son medios que no se comunican mediante ningún cable de cualquier tipo que este sea, esos medios lo hacen mediante ondas entre ellos que se encuentran en el aire y el vacío. Tanto la emisión como la recepción de estas ondas se dan a través de antenas efectuando una comunicación sea indirecta o directa.

Tabla 2

Tabla de Medios No Guiados.

MEDIO	CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS
Microondas terrestres	Esta consiste en una onda electromagnética cuya propagación podría estar	Corta longitud
		Mientras mal alta mejor funciona.

	dada a través de tubos metálicos.	Sufre de pérdidas en la transmisión de su enlace.
		No apta para malas condiciones atmosféricas.
Satélites	Comunicación establecida a través de dispositivos espaciales.	Transmisión de TV
	Realizan su comunicación desde el espacio y podrían replicar señales a altas frecuencias.	Transmisión telefónica
		Repiten o amplifican señal
Ondas de Radio	Son ondas electromagnéticas que poseen la propiedad de alcanzar rangos de frecuencias altas y bajas. Son muy comunes en el diario vivir de la sociedad.	Viajan a la velocidad de la luz.
		Viajan a través del aire
		Las poseen las emisoras de radio e incluso los distintos tipos de radares.

Fuente: (Mero M., 2022)

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

1.9.2 Nuevas tecnologías de acceso a internet: PLC

La red eléctrica por otro lado, analizada desde el lado de las telecomunicaciones no es un canal continuo, sino que por el contrario esta seccionada por tramos de acuerdo a los diferentes niveles de tensión y en todo el transcurso presenta obstáculos en la transmisión de las señales de comunicación como lo son los transformadores. El tramo de la red eléctrica que mayor interconectividad ofrece es la de bajo tensión, esta es la razón por la cual casi todos los sistemas PLC estén enfocados en este nivel de tensión. (Cañón de Antonio, 2017)

Por ello este estudio tiene como finalidad desarrollar una red de datos mediante la línea de potencia que permita optimizar la conexión a internet por medio de las redes PLC, para que esta sirva en las mejoras en avances en la educación y comunicación entre las poblaciones de la provincia del Guayas en Ecuador.

1.9.3 Comparativa entre tecnología PLC y ADSL.

Se compara debido a que ADSL tiene cierta similitud con la tecnología PLC ya que ambas pueden ofrecer acceso a internet. Los módems PLC llevan un acoplador eléctrico que es el que separa los datos de la señal eléctrica. Este consta de un filtro pasa bajo y otro filtro pasa-alto, el primer filtro pasa la baja frecuencia de la señal eléctrica cancelando la señal de alta frecuencia, y el segundo filtro extrae la señal de alta frecuencia y cancela la de baja frecuencia.

Tabla 3
Características de tecnologías.

CARACTERÍSTICAS	Tipos de Conexión				
	MODEM	RDSI	ADSL	CABLE	PLC
Tipo de línea que soporta	RTB	RTB	RTB	Fibra óptica	Línea eléctrica
Velocidad de conexión	56 kbps 33.6 Kbps	128 kbps	1.5-2 Mbps 16-640 Kbps	10 – 38 Mbps 128 Kbps -10 Mbps	Hasta 45 Mbps
Calidad de servicio	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Distancia máxima a la central	Ninguna	5.8 Km	5.5 Km	48.3 Km	No hay limite
Implantación de la tecnología	Completa	Completa	Completa con fallos continuos	Completa con fallos aislados	Parcialmente completa

Fuente: (Cedeño, 2018)
Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

En el tipo de línea se observa que ADSL utiliza RTB que es la línea telefónica básica y PLC utiliza la red eléctrica un punto importante es el estado en que se encuentre la línea de transmisión para evitar perdida y atenuación de señal. Un punto clave en esta comparación es la distancia máxima ya que ADSL lo máximo que puede cubrir entre la central y un usuario es 5.5 Km, siendo limitado en cuanto a cobertura esto no ocurre con PLC ya que esta llega donde hay líneas eléctricas donde se pueden ubicar repetidores en los transformadores, esta es una gran ventaja de PLC sobre ADSL sobre todo en lugares lejanos y de difícil acceso para ADSL. La mayor calidad la ofrece PLC en cuestión de velocidad de transmisión también como su cobertura y de su fácil instalación, abriendo la

posibilidad de que PLC pueda ser implementado en el sector rural donde el acceso al servicio de internet es aún muy bajo. (Cedeño, 2018)

1.9.4 PLC (POWER LINE COMUNICATION)

Las redes PLC son un servicio de intercomunicación entre computadoras por la red eléctrica, esta se usa con la infraestructura eléctrica lo que hace es reducir costos adicionales en cableado e implementación, PLC es enviar datos desde nuestra conexión a Internet usando los mismos cables que usan los bucles de red. Una señal que transporta datos se denomina "portadora". Para este propósito, se utilizan señales con diferentes frecuencias y voltajes.

Conocido por sus siglas en inglés PLC que se traduce por comunicaciones mediante cable eléctrico, este tipo de tecnología utiliza la línea de energía eléctrica convencional para transmisión de señales de radio con el fin de poder comunicarse. PLC utiliza la red eléctrica convirtiéndola en una línea digital de gran velocidad para poder transmitir datos permitiendo así poder acceder a internet a través de banda ancha. (Cedeño, 2018)

Así mismo, (Pantoja, 2018) en su estudio titulado "Análisis de factibilidad de tecnología PLC en red eléctrica Coop. Luis Vargas Torres – Guayaquil" dijo que la tecnología Power Line Communications ofrece utilizar el sistema eléctrico como medio para la transmisión de red; sin embargo, siendo una tecnología novedosa no se ha implementado en Guayaquil, influyendo factores a considerar tales como: características técnicas del cableado, el modelo de red de baja y media tensión, la centralización, no existen patrones a seguir para la regularización.

Su estructura de funcionamiento se basa en el uso de los cables eléctricos de baja tensión como medio de transporte desde un centro transformador hasta el usuario final, permitiendo entregar servicios de transferencia de datos como el acceso a Internet de banda ancha. (Espín, Jaramillo, Montalvo, Yupa, & Vivas, 2022)

La corriente eléctrica tiene una frecuencia de 50 Hz y 220 voltios, mientras que la señal de datos utiliza un voltaje mucho menor y una frecuencia mucho mayor (entre 2 y 30 MHz). Entonces las redes PLC se representa como una alternativa para accesos de Internet de alta velocidad y transmisión de datos, por medio del cableado eléctrico. Mediante la tecnología PLC se puede tener servicios de

telecomunicaciones convirtiendo los enchufes en puntos de conexión. Mediante el sistema eléctrico gubernamental, PLC puede dar servicio de internet a través de redes existentes a lugares apartados, como zonas rurales de las grandes ciudades, se puede aprovechar toda la cobertura nacional de red pública para llevar internet.

Según (Avecilla, 2018) PLC se trata de una tecnología que posibilita la transmisión de datos o comunicación a través de las líneas de alimentación eléctrica. En este método, el usuario final conecta un módem PLC a un enchufe de la red eléctrica, el cual establece comunicación con el repetidor correspondiente al edificio o zona. Esta comunicación se realiza mediante un proceso encriptado que utiliza algoritmos propios implementados en el hardware y se desplaza a lo largo del tramo de baja tensión. Actualmente, esta tecnología alcanza velocidades de aproximadamente 500 Mbps según el estándar vigente, aunque se espera una mejora significativa en estas velocidades a medida que la tecnología avance. El ancho de banda disponible se comparte entre todos los usuarios del repetidor, siendo su cantidad máxima de 256, dependiendo de las especificaciones del fabricante.

1.9.5 Topología de red de acceso PLC.

La topología de una red de acceso PLC, está dada por la topología de una red eléctrica, usada como medio de comunicación, sin embargo, se puede organizar de diversas maneras tratando de optimizar la operación de la red. Debido a que las redes empleadas en la transmisión de energía eléctrica tienen una capacidad limitada determinada por el número de usuarios que pueden ser atendidos por los transformadores del sistema, surge el desafío de comprender cómo se intercambian datos desde distintos lugares y a través de medidores de energía diferentes. Otra consideración clave en este análisis es la transmisión de datos, la cual es altamente sensible a las pérdidas y a la distorsión de la señal, las cuales están sujetas a variaciones en la carga y a la compensación de potencia reactiva en diferentes partes del sistema eléctrico. La presencia de dispositivos como los bancos de condensadores para la compensación de potencia reactiva puede resultar en una disminución en la intensidad de la señal. (Cañón de Antonio, 2017)

1.9.6 PLC Banda Ancha (BB-PLC).

PLC en banda estrecha se utiliza para la obtención de parámetros a medir como la lectura en los medidores o los contadores eléctricos, en aplicaciones para casas inteligentes, y para supervisar la red eléctrica. Se maneja en un rango de frecuencia que va desde los 3 a 148,5 KHz. Donde este se los divide en 4 bandas donde: (Terán, 2021)

- La banda A parte de los 3 a 95 KHz.
- Las bandas B, C y D parten de los 95 KHz a 148 KHz.

1.9.7 Estandarización en PLC Banda Ancha BB-PLC.

Según (Terán, 2021), los sistemas de comunicación de Banda Ancha sobre Línea de Poder o energizada (PLC) pueden conducir sistemas de comunicaciones de voz, datos y vídeo de alta velocidad a los usuarios finales al transmitir energía de radiofrecuencia sobre las líneas de energía eléctrica existentes. Aunque esta tecnología no es nueva, los nuevos logros en la implementación de PLC la han hecho más práctica en los últimos años, dando auge en la aparición de nuevos dispositivos con mayor alcance. La infraestructura existente para PLC es la ventaja más considerable de esta tecnología. Dado que las líneas de energía eléctrica han llegado principalmente a todas las áreas rurales, la tecnología PLC puede proporcionar servicios de banda ancha en aquellas áreas donde el uso de otras tecnologías como cable o DSL no se puede justificar económicamente. PLC también se están usando en el manejo de redes de distribución de energía mediante el monitoreo y la facilitación del control de las mismas de forma remota.

1.9.8 Protocolo de comunicación.

Para comunicar nodos PLC se debe usar un lenguaje específico y un proceso ordenado de operación durante la comunicación entre sistemas, por lo general se utiliza el prototipo de referencias de comunicación el modelo OSI que explica la acción que se produce durante el proceso de comunicación, en este los protocolos de comunicación están clasificados en 7 capas.

Tabla 4*Protocolos de Comunicación.*

Aplicación	Es la única capa que se comunica directamente con los datos del usuario. Las distintas aplicaciones de software, como los navegadores web o los programas de correo electrónico, utilizan esta capa para iniciar sus comunicaciones.
Presentación	Esta capa es principalmente responsable de preparar los datos para que los pueda usar la capa de aplicación; en otras palabras, la capa de presentación hace que los datos se preparen para su consumo por las aplicaciones. La capa de presentación se encarga de convertir, codificar y reducir el tamaño de los datos.
Sesión	La capa de sesión se encarga de iniciar y finalizar las comunicaciones entre dos dispositivos. El periodo durante el cual la comunicación está activa se denomina sesión. Esta capa asegura que la sesión permanezca abierta el tiempo necesario para completar la transferencia de todos los datos intercambiados; una vez completada, cierra la sesión inmediatamente para evitar la pérdida de recursos.
Transporte	Es encargada de las conexiones desde un extremo al otro entre dos dispositivos. Antes de enviar los datos a la capa 3, toma la información proveniente de la capa de sesión y la divide en segmentos más pequeños, conocidos como fragmentos. Posteriormente, en el dispositivo receptor, la capa de transporte se encarga de reconstruir estos segmentos para crear los datos que la capa de sesión pueda usar. Además, esta capa es responsable de controlar el flujo y corregir errores durante el proceso.

Red	Es responsable de posibilitar la transferencia de datos entre dos redes distintas. En situaciones donde los dispositivos comunicantes se encuentran en la misma red, esta capa no resulta necesaria. La función principal de esta capa es dividir los segmentos provenientes de la capa de transporte en unidades más pequeñas, denominadas paquetes, en el dispositivo emisor, y reconstruir estos paquetes en el dispositivo receptor. Además, la capa de red se encarga de determinar la ruta más eficiente para que los datos alcancen su destino, lo cual se conoce como enrutamiento. Entre los protocolos que forman parte de esta capa se encuentran la dirección IP, el Protocolo de Control de Mensajes de Internet (ICMP), el Protocolo de Mensajes de Grupo de Internet (IGMP) y el paquete IPsec.
Enlace de datos	a capa de enlace de datos, similar a la capa de red, facilita la transferencia de datos entre dos dispositivos dentro de una misma red. Su función principal consiste en recibir los paquetes provenientes de la capa de red y fragmentarlos en partes más pequeñas conocidas como tramas. Al igual que la capa de red, esta capa también se encarga del control de flujo y de los errores en las comunicaciones dentro de la red. Es importante mencionar que la capa de transporte únicamente gestiona tareas de control de flujo y errores para las comunicaciones internas de la red.
Física	Esta capa abarca los componentes físicos necesarios para el intercambio de datos, como los cables y los switches de red. Además, es en esta capa donde la información se transforma en una secuencia de bits, es decir, en una sucesión de unos y ceros. Es crucial que la capa física de ambos dispositivos coincida en una convención de señal para diferenciar correctamente entre unos y ceros en ambos extremos.

Fuente: Datos de investigación

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

1.9.9 Estructura de las redes de acceso PLC.

La estructura está basada en las redes baja tensión, están compuestas por un transformador y un número de cables que suministran energía a los usuarios finales conectados a la red por medio del medidor de energía. Un sistema de transmisión PLC utiliza la red de baja tensión y la usa como un medio para

realizar la conexión de acceso PLC, las redes de baja tensión pueden ser usadas para una comunicación con otras redes. Las PLC están conectadas a las redes principales de comunicación WAN por una estación base maestra (BS), estas se colocan después del transformador.

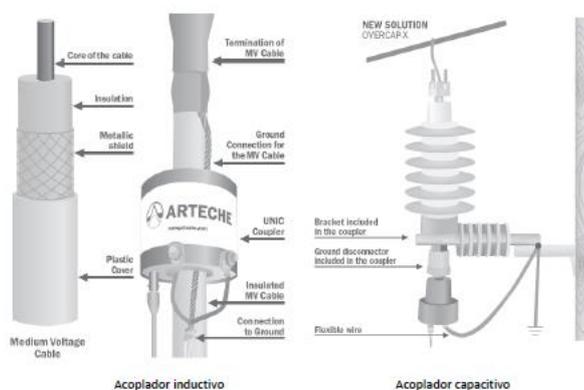
Se pueden desarrollar numerosos servicios de utilidad con el suministro de energía eléctrica mediante la instalación de dispositivos PLC en los transformadores, conectándolos a una red de telecomunicaciones convencional. Para solucionar el desafío de transmitir información a través de los transformadores, se emplean acopladores inductivos y capacitivos, los cuales se adaptan al tipo de instalación; estos dispositivos inyectan y extraen la señal de comunicación a la red eléctrica. Algunos de los acopladores existentes en el mercado se describen a continuación: (Cañón de Antonio, 2017)

Acopladores inductivos: estos no requieren conexión física, son útiles para subestaciones subterráneas

Acopladores capacitivos: ofrecen transmisión de señal de alta frecuencia sin riesgo para la red eléctrica, este puede ser conectado a la red eléctrica directamente por medio de un fusible de protección.

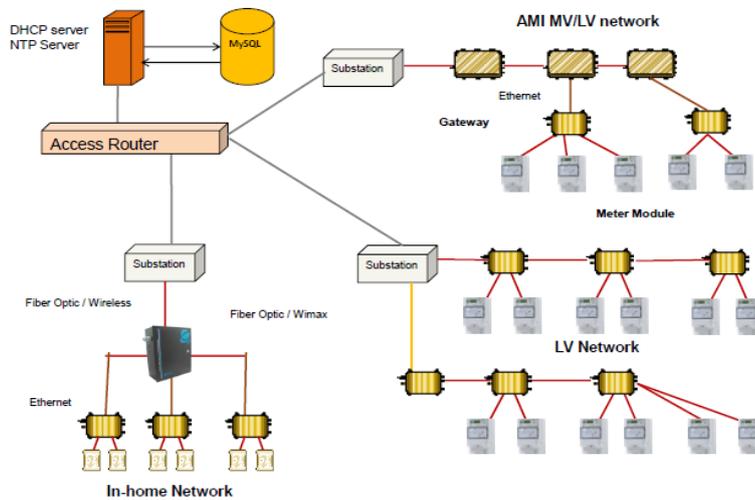
Gateway situados en cada uno de los transformadores se encargan del manejo de la información de los clientes asociados a estos circuitos, además es el equipo que interconecta dos redes de diferentes protocolos y arquitecturas, en este caso la red de baja tensión con media tensión, para transmitir la información recolectada.

Figura 2
Tipos de acopladores.



Fuente: (Cañón de Antonio, 2017)

Figura 3
Topología de la red PLC de baja tensión.



Fuente: (Cañón de Antonio, 2017)

La convergencia entre el sistema eléctrico y de comunicación tiene lugar en el transformador o en la subestación de distribución. En estos puntos, se lleva a cabo la unión entre la red eléctrica y dispositivos adicionales que, en un extremo, se conectan a un enlace de alta velocidad implementado en la subestación. Esta conexión recopila la información proveniente de cada usuario de la red eléctrica, convirtiendo la subestación en un centro de control donde se analizan los datos obtenidos. La última fase de comunicación, desde los Gateway de MT hasta los centros de control, se realiza mediante tecnologías diferentes, como la fibra óptica o GPRS. Estas tecnologías son más frecuentes debido a su capacidad para transmitir datos a largas distancias. (Cañón de Antonio, 2017)

1.9.10 Espectro y Modulación.

Han sido muchas las técnicas de modulación que han sido analizadas con el fin de saber cuál es la más apropiada para PLC. Power Line Communication funciona con frecuencias que van desde 2MHz a 50 MHz, cubriendo así tres bandas de frecuencias: (Terán, 2021)

- Medium Frequency band
- High Frequency band
- Very High Frequency band

Se ha intentado alcanzar frecuencias superiores a los 2.4 GHz, pero hasta el momento no ha sido factible. Se han evaluado y analizado diversas técnicas de modulación. Para aplicaciones de bajo costo y tasas de datos reducidas, como en la protección, la modulación FSK (Frequency Shift Keying) parece ser una solución viable. Cuando se requieren tasas de datos superiores a 1 Mbps, el acceso múltiple por división de código (CDMA, por sus siglas en inglés) resulta conveniente. Aunque este sistema de modulación ofrece velocidades elevadas para dispositivos inalámbricos y fijos, su potencial no puede ser plenamente aprovechado en el PLC debido a la carencia de secciones prolongadas de espectro. En cambio, para aplicaciones con alta demanda de tasa de datos, la modulación de frecuencia ortogonal resulta ser la tecnología más idónea. (Terán, 2021)

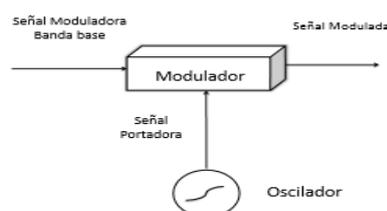
1.9.11 Esquemas de modulación.

La modulación en PLC cumple las mismas características y parámetros que otros medios de transmisión y está definido por la siguiente expresión: $F(t) = A \sin(\omega t + \theta)$ (2-1)

Donde A representa la amplitud, ω refleja la frecuencia, y θ denota la fase. Al igual que en la mayoría de los canales de comunicación, el canal PLC provoca la atenuación y variación de fase en las señales transmitidas debido a su diseño orientado a la distribución de energía eléctrica. Además, enfrenta eventos como operaciones de arranque y parada de equipos, funcionamiento de interruptores de distintos tipos y la conexión de cargas lineales y no lineales en intervalos, entre otros. Estos factores hacen casi impracticable la transmisión de señales de información. Por esta razón, se implementan técnicas de modulación que buscan minimizar estos efectos. El proceso de modulación se describe en el diagrama de bloques presentado en la figura 4. (Cañón de Antonio, 2017)

Figura 4

Proceso de modulación de una señal.



Fuente: (Terán, 2021)

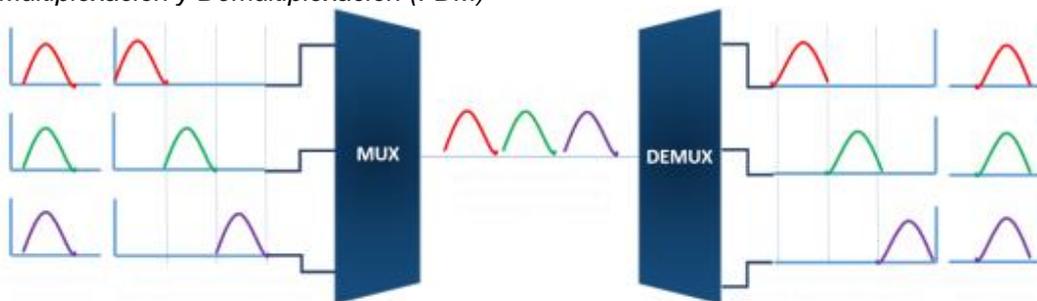
El canal PLC puede ser interpretado como un canal de múltiples trayectorias debido a las reflexiones generadas por las discontinuidades en la impedancia, originadas por fallas en los acoplamientos. Esto ocasiona la atenuación de la señal en frecuencia. La elección del tipo de modulación depende del tipo de señal que se desea transmitir, ya sea digital (voz y video digitalizados) o analógica (voz y video).

Las técnicas de modulación convencionales, como ASK, PSK y FSK, generalmente son excluidas en el contexto del PLC. Para superar los problemas en un canal de comunicación de esta índole, se propone utilizar un método de modulación que pueda lidiar con la atenuación desconocida, así como con los cambios de fase, y simplificar el receptor. Una de las opciones de modulación que cumple con estos requisitos es OFDM, destacado por su relevancia y aplicación en el contexto del PLC (Cañón de Antonio, 2017).

1.9.12 Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM).

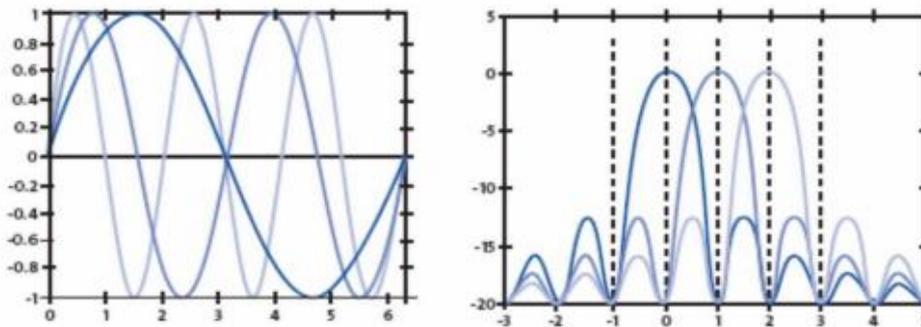
OFDM es una técnica multi portadora madura que ha sido probada en varias aplicaciones cableadas e inalámbricas de alta velocidad. Algunos ejemplos de sus aplicaciones incluyen transmisión de audio digital (DAB), transmisión de vídeo digital (DVB), línea de abonado digital asimétrica (ADSL) y Wi-Max. OFDM ofrece mayor eficiencia espectral y robustez contra el desvanecimiento selectivo, interferencia de banda estrecha y ruido impulsivo que lo hace un atractivo contendiente para sistemas de comunicación de alta velocidad. La eficacia de OFDM se alcanza al permitir que las sub portadoras se superpongan parcialmente sin causar interferencia entre ellas debido a la propiedad de ortogonalidad. (Terán, 2021)

Figura 5
Multiplexación y Demultiplexación (FDM)



Fuente: (Cañón de Antonio, 2017)

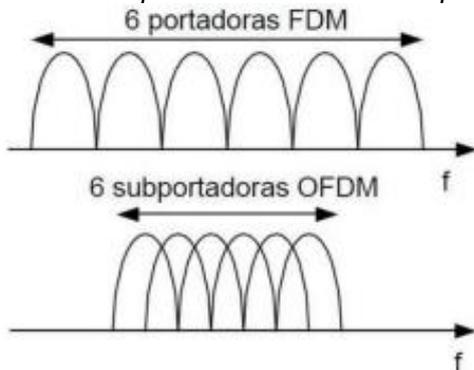
Figura 6
Espectro de señal OFDM



Fuente: (Terán, 2021)

Si comparamos las figuras 5 y 6, se puede notar claramente que se pudo sobreponer distintos canales sin llegar a causar una interferencia entre ellos ya que tiene una mejor eficiencia al poder ahorrar gran parte el ancho de banda que se tiene para poder transmitir o usar más canales tal como se muestra en la figura 7.

Figura 7
Eficiencia espectral de OFDM en comparación con FDM convencional

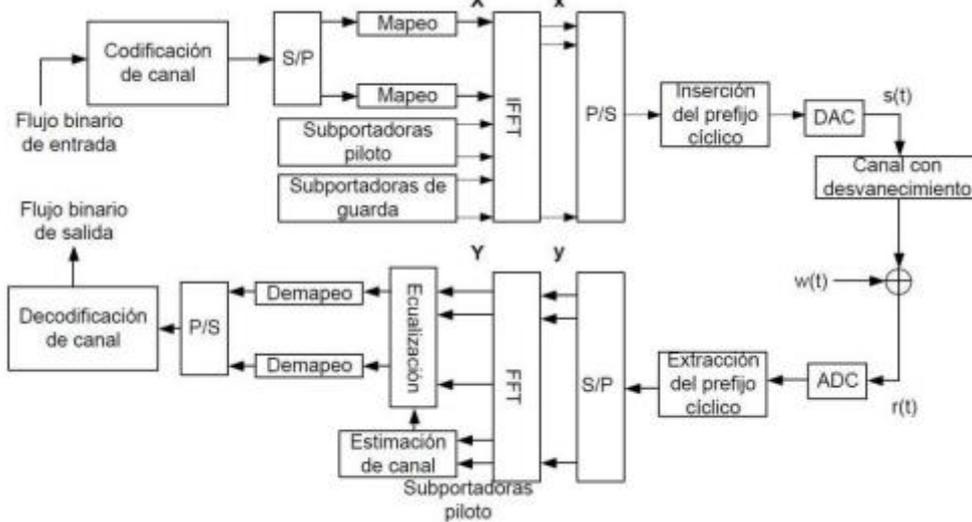


Fuente: (Terán, 2021)

1.9.13 Modelo OFDM para comunicaciones PLC.

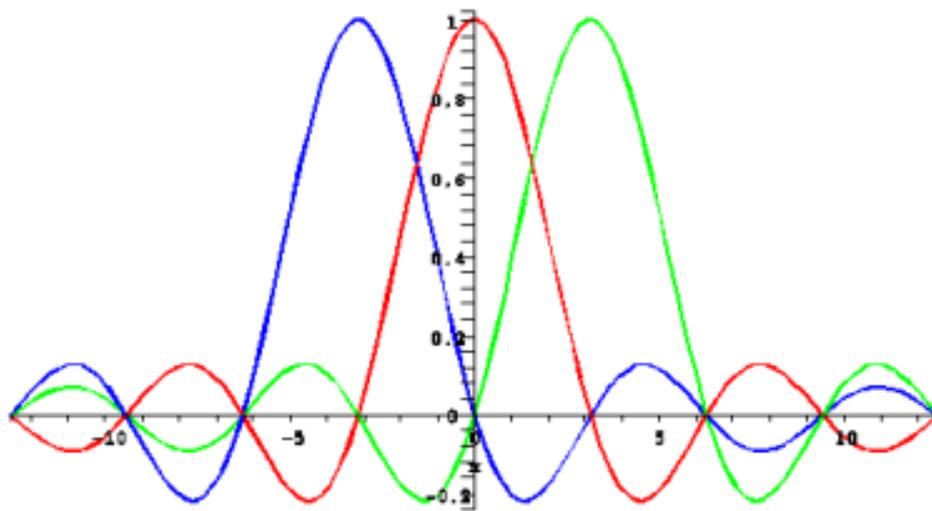
Uno de los modelos de modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) es la técnica de modulación multi portadora en la cual el espectro de frecuencia disponible es dividido en subportadoras ortogonales, cada una modulada por un flujo de datos de baja velocidad (Mamani Aracayo, 2018). La ortogonalidad entre las subportadoras permite que éstas sean espaciadas más cerca una de otra, de modo que se logra una alta eficiencia espectral y se reduce el ancho de banda empleado usando el esquema de sistema de banda base de OFDM en la Figura 6. A continuación, se muestra el espectro de frecuencia de un símbolo OFDM en la figura 7. (Terán, 2021)

Figura 8
Esquema de un sistema OFDM en banda base



Fuente: (Terán, 2021)

Figura 9
Espectro de frecuencia de un símbolo OFDM



Fuente: (Terán, 2021)

Asimismo, la modulación OFDM es efectiva frente a la interferencia inter símbolo (ISI), causada por el efecto multicamino o multitrack, y contribuye al desvanecimiento selectivo de las frecuencias a utilizar (Mamani Aracayo, 2018). No obstante, su inconveniente principal radica en su susceptibilidad a desviaciones de frecuencia y fase, las cuales impactan la ortogonalidad de las subportadoras.

1.9.14 Ruido de comunicación de la línea de potencia PLC.

La inyección de señales PLC conlleva a que dentro de los cables eléctricos de tensión tiene un efecto de radiación de un campo electromagnético o más conocido como ruido electromagnético, donde las líneas de voltaje actúan como antenas emisoras y captadoras de señales, este campo es visto como perturbaciones que se deben manejar y limitar para su funcionamiento. La compatibilidad electromagnética o EMC significa que un sistema PLC tiene que operar dentro de un ambiente sin perturbaciones a otros equipos o dispositivos de Comunicaciones cercanos. (Reciou, 2017)

1.9.15 Red de Distribución

La red de distribución despliega la interconexión de los transformadores PLC (equipos de cabecera) ubicados en las subestaciones. Dicha interconexión puede llevarse a cabo mediante diversas modalidades, las cuales pueden ser empleadas de manera complementaria:

Conexión de Subestaciones de Media Tensión a Baja Tensión (MV/LV) mediante PLC de Media Tensión, La red de media tensión posibilita la conexión entre distintas subestaciones de media tensión y baja tensión (MV/LV) mediante el uso de equipos PLC específicos para media tensión. Esta configuración permite que la red funcione de manera eficiente como una red de distribución.

Utilización de Fibra Óptica para la Interconexión de Subestaciones MV/LV, alternativamente, se puede implementar una solución de interconexión mediante fibra óptica entre las subestaciones MV/LV. Esta opción ofrece una conexión de alta velocidad y confiabilidad para fortalecer la red de distribución.

Integración de Otras Tecnologías como xDSL o LMDS para una Solución Combinada, esta se contempla la posibilidad de emplear tecnologías adicionales, como xDSL o LMDS, para crear una solución combinada que optimice la eficiencia y la capacidad de la red de distribución. Estas tecnologías aportan flexibilidad y versatilidad al sistema, permitiendo una adaptabilidad según las necesidades específicas del entorno.

1.9.16 Elementos de una red PLC

Los componentes de una red PLC contribuyen a la transmisión de datos a través de los enchufes eléctricos. La función primordial de estos componentes

fundamentales consiste en preparar y convertir la señal para ser transmitida a través de los cables eléctricos, además de recibir la señal.

1.9.17 Modem de cabecera (GATEWAY)

El Gateway transforma los datos de la red de baja tensión del PLC al estándar de Internet, facilitando la conexión entre diversas redes de servicio a través de la línea de baja tensión y asegurando una conexión de alta velocidad. Desde este punto, se establece la conexión con el proveedor de servicios de Internet (ISP). Las empresas interesadas en proporcionar servicios utilizando esta tecnología necesitarían instalar un Modem o Cabecera PLC en el transformador de distribución para la recepción y distribución de datos. Este dispositivo se conecta a la red mediante un nodo que accede a Internet a través de una infraestructura como una red de fibra óptica, conexión inalámbrica, entre otras. Existen dos versiones de Gateway: Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT), cada una con distancias máximas de alcance diferentes: 600 metros para MT y 300 metros para BT. Estos dispositivos emiten señales de baja potencia, generalmente inferiores a 100mW.

1.9.18 Modem PLC.

Este dispositivo, conocido como un módem PLC (Power Line Communication), opera como una interfaz de red que utiliza las líneas de energía eléctrica como medio de comunicación. Internamente, los módems PLC incorporan conexiones eléctricas diseñadas para separar las señales de datos de las señales eléctricas y de comunicación, lo que permite inyectar señales de alta velocidad en la red eléctrica. El componente clave en esta operación es el elemento de acoplamiento, un elemento pasivo que consta de un filtro de paso bajo y un filtro de paso alto.

Este equipo local del cliente (CPE) juega un papel fundamental al facilitar el acceso a la red final para los usuarios en sus unidades de vivienda. Su capacidad para gestionar las señales y optimizar la transmisión a través de la red eléctrica garantiza una conexión eficiente y confiable, brindando a los usuarios una experiencia de red fluida en sus entornos residenciales.

1.9.19 Repetidor PLC

Este dispositivo cumple la función de mejorar la señal que proviene de la cabecera para asegurar una conexión adecuada con el módem terminal, que es

el que se utiliza en la residencia del cliente. Se le llama repetidor PLC porque su tarea principal es recibir las señales de datos transmitidas a través de la red eléctrica, amplificarlas y luego volver a transmitir las. Este proceso es esencial para superar la pérdida de potencia de la señal que podría ocurrir debido a la distancia y las características de la infraestructura eléctrica.

Por lo general, se instala entre la sala de medidores de cada vivienda o subestación y la residencia del cliente. En ciertos casos, se utiliza como un canal intermedio para extender la cobertura o mejorar la velocidad de conexión en áreas que presentan desafíos. La necesidad de replicación dependerá de la topología de la red, ya que, en algunos casos, puede no ser esencial siempre y cuando la unidad principal mantenga una conexión de alta calidad con el módem.

1.9.20 Adaptadores Powerline,

También conocidos como Powerline Ethernet Adapters o PLC (Power Line Communication) Adapters, son dispositivos que permiten establecer una conexión de red mediante la infraestructura eléctrica existente en un edificio o una zona específica. Estos dispositivos aprovechan la red eléctrica para transmitir datos, convirtiendo la instalación eléctrica en una red de comunicación.

1.9.21 Filtro de ruido

Reductor de ruido de electrodomésticos o equipos de alta inductancia, también llamado supresor de interferencias o filtro de línea, diseñado para reducir o eliminar las interferencias electromagnéticas y el ruido en las líneas eléctricas. Esta interferencia puede provenir de una variedad de fuentes, como equipos electrónicos, motores eléctricos, lámparas fluorescentes, equipos de radiofrecuencia u otras fuentes de emisiones electromagnéticas.

1.9.22 Ventajas del uso de tecnología PLC

Son muchas las razones que crean la necesidad de la implementar una tecnología que permite acceder al servicio que ofrecen las Telecomunicaciones y PLC como alternativa de acceso a redes de comunicación a través de las líneas eléctricas es una alternativa económica y práctica para sectores que se les dificulta o no tienen acceso a servicios de comunicación. Pudiendo así que sectores con esta necesidad accedan a servicios de internet y demás tipos de Telecomunicaciones utilizando la tecnología PLC. (Cedeño, 2018). Dentro de las ventajas de la tecnología PLC se pueden destacar las siguientes:

- Usa la infraestructura que ya existe haciendo que sea de instalación fácil, rápida y económica, de esta manera no demanda obras civiles adicionales en la ubicación del usuario.
- Cada transformador permite la conexión hasta de 256 módems.
- Permite la conexión de 2 o más módems en diferentes tomacorrientes de esta manera establece 2 o más conexiones independientes de acuerdo al número de módems instalados, haciendo posible crear una red local dentro de cada instalación.
- Cada uno de los tomacorrientes permitirán la conexión a las redes de datos mediante la misma plataforma IP siendo posible obtener distintos servicios como acceso a internet, televisión, telefonía.
- Son atractivos en calidad y precio.
- Pueden complementarse usando otras tecnologías como ADSL, CATV, FTTH (...)
- Ofrecen velocidades por encima de los 200 Mbps que comparándola con ADSL es muy superior ya que este apenas alcanza entre los 8 a 24 Mbps dependiendo de su variante.
- Además, ofrecen una conexión de forma permanente a la red, no interfiere en el suministro eléctrico ya que la energía llega a los usuarios en frecuencias bajas (50 a 60 Hz), y la tecnología PLC usa alta frecuencia (1,6 – 30 MHz) para el transporte de datos, video y voz.
- Se encripta la transmisión de datos, estos algoritmos encriptados usados dependen de los fabricantes de los equipos.
- Permite el crecimiento gradual de esta cobertura a lo largo del tiempo haciendo posible atender a un universo de clientes más amplio que refieren conectividad a internet.

1.9.23 Desventajas del uso de tecnología PLC.

- Dentro de las desventajas de la tecnología PLC se pueden destacar las siguientes:
- La presión de las operadoras de telefonía sobre el gobierno para impedir de esta manera la implementación de esta tecnología PLC

- Los cables eléctricos no poseen blindaje y pueden comportarse como antenas emisoras y receptoras de radiación, recibiendo y generando interferencias causando micro cortes o pérdidas de la velocidad.
- El deterioro de las redes eléctricas ya instaladas, conexiones o empalmes hace que la comunicación no se la más eficiente.
- Posee limitaciones en cuanto a la distancia de transmisión debido a factores tales como impedancia, atenuación, relación señal-ruido, fluctuación de cargas.
- Capacidad de conexión baja debido a que el ancho de banda disponible es compartido para todos los usuarios conectados.
- Existen muchos sistemas PLC que llegan a ser incompatibles entre sí.
- Puede saturarse la red eléctrica debido a que fue diseñada para transmitir energía principalmente. Se debe a que los canales PLC presentan dificultades como: Atenuación a altas frecuencias por lo cual solo se pueden usar en distancias cortas.
- Restricciones de hardware: Los equipos de línea de potencia tienen limitaciones en términos de la cantidad de conexiones de entrada y salida que pueden gestionar, así como en la velocidad de procesamiento.

Uno de los problemas más grandes que enfrenta la implementación de esta tecnología en el sector rural no es en la parte técnica sino en lo legal ya que el monopolio que controla el negocio de las Telecomunicaciones en el país, puede ser un obstáculo en el avance, desarrollo y explotación total de esta tecnología pudiendo quedar de lado su implementación y los beneficios que esta ofrece. (Cedeño, 2018)

1.9.24 Redes de área Local (LAN).

Es un sistema de comunicaciones interconectadas por medio de tecnologías que distribuyen recursos por una extensión limitada como lo es una casa, un edificio. Sus características son: velocidad de transmisión, esta varía desde 10 Mbit/s hasta 10 Gbit/S; se extiende entre unos 10 metros a un 1 kilómetro; siempre se maneja un modo de transmisión/modulación (banda base o banda ancha, un protocolo de acceso (TDMA, CDMA/CD, Token Passing, FDDI), un soporte físico (Cable par trenzado, fibra óptica) y una topología (Bus, anillo, estrella y malla).

1.9.25 Redes de área Extendida (WAN).

Es una red amplia, que cubre toda un área geográfica permitiendo la comunicación entre países o un continente, ejemplo: internet. Está compuesto por elementos de conmutación y los medios de transmisión que los une. Además, estas redes grandes se dividen en dos partes en una red de acceso que permite a los usuarios acceder a los servicios que ofrece la red y una red de tránsito que se conecta de nodo a nodo garantizando la conectividad total de la red. (Ortíz, 2020)

1.9.26 Última Milla.

Se conoce como "última milla" al tramo final de una red de datos donde se establece la conexión entre un suscriptor (usuario final) y la red de un proveedor de servicios de telecomunicaciones o ISP. (Avecilla, 2018)

1.9.27 Distribución eléctrica.

El uso de energía eléctrica se presenta desde hace muchos años atrás para el desarrollo del país, por lo que se van desarrollando demográficamente es necesario el uso y la distribución de esta. La energía eléctrica en sus principios se obtenía desde hidroeléctricas, hoy en día se han encontrado diferentes fuentes de generación de energía. Entre las principales fuentes de generación eléctrica que se usan en la actualidad están: hidroeléctricas, centrales eólicas, centrales solares, centrales geotérmicas, entre otras. Estas fuentes de generación eléctrica se encuentran situadas a las afueras de las ciudades, por lo cual es necesario elementos que ayuden a transportar los diferentes componentes que se utilizan para transmitir la energía por estos, es aquí donde las torres de transmisión actúan como soporte para dichos elementos. (Abarca, 2021)

La distribución eléctrica está conformada por torres de distribución, líneas de transmisión y subestaciones de transformación, las cuales están compuestas por transformadores, equipos de control y protección.

1.9.28 Torres de Transmisión.

Las torres de transmisión eléctrica son el principal sistema estructural utilizado para la distribución de la energía desde el punto de generación a una estación transformadora. Son construidas con elementos de acero de sección pequeña,

conectadas por nodos para así lograr soportar los elementos que se encargaran de transmitir la energía por estas estructuras. (Avecilla, 2018)

1.9.29 Líneas de Transmisión.

Las líneas de transmisión eléctrica, también conocidas como L/T, son el medio por el cual se realiza la transmisión o distribución de energía eléctrica, hacia diferentes lugares, con el fin de proporcionar y abastecer de energía a los lugares que carecen de la misma, o que en su caso requieran de un incremento de aporte de energía. Dependiendo de la función que se dará a las líneas de transmisión, se pueden clasificar en líneas de distribución o líneas de transmisión. La diferencia entre estas es la cantidad de voltaje que estas puedan transportar, así como la distancia por la cual se realizara la transmisión de energía. Las líneas de transmisión eléctrica están compuestas por estructuras que soportan diferentes equipos, accesorios eléctricos y cables conductores, los cuales facilitan con el transporte de energía a los distintos puntos donde se requieren por lo cual es necesario conocer las características de estas estructuras de soporte denominadas torres de transmisión. (Abarca, 2021)

1.9.30 Subestación eléctrica.

Una subestación es una instalación o infraestructura en un sistema de transmisión y distribución de electricidad que transforma y regula el voltaje de la electricidad y la distribuye de manera eficiente a diferentes áreas o usuarios. Es una parte esencial de la red eléctrica, que transporta electricidad de manera segura y eficiente desde las centrales eléctricas hasta los consumidores finales. La función principal de una subestación es transformar el voltaje de la electricidad. Las centrales eléctricas suelen producir electricidad a voltajes muy altos para su transmisión a largas distancias. En las subestaciones se reduce la tensión para adaptarla a los niveles de distribución y consumo.

1.9.31 Transformadores.

Un transformador es un dispositivo electromagnético que se utiliza para cambiar el voltaje de un nivel a otro aumentándolo o disminuyéndolo. Funciona según el principio de la inducción electromagnética y consta de dos o más bobinas aisladas entre sí, conocidas como bobinas primaria y secundaria. Cuando se aplica corriente alterna (CA) a la bobina primaria, se genera un campo magnético alterno en el núcleo. Este campo magnético induce un voltaje en la bobina

secundaria a través de la inducción electromagnética. La relación entre el número de vueltas de la bobina primaria y el número de vueltas de la bobina secundaria determina la relación de vueltas del transformador.

1.10 Marco teórico situacional

1.10.1 Transmisión del sector eléctrico del Ecuador.

El Sistema Nacional de Transmisión (SNT) constituye la columna vertebral para la distribución de energía eléctrica en Ecuador. Este sistema, gestionado por la CELEC EP Unidad de Negocio Transelectric, se compone de estaciones eléctricas y cables operando a tensiones críticas de 500 kV, 230 kV y 138 kV. La propiedad de esta infraestructura se comparte con centros de generación que se conectan directamente al sistema de transmisión (ARCERNNR, 2022). La eficiencia y confiabilidad de esta red son esenciales para garantizar la distribución de energía en todo el país.

1.10.2 Distribución de Energía Eléctrica en la provincia del Guayas.

La red de distribución eléctrica en la provincia del Guayas se constituye mediante torres de distribución, líneas de transmisión y subestaciones de transformación. Estas subestaciones albergan transformadores, equipos de control y protección, desempeñando un papel crucial en la entrega de energía a los consumidores finales. La distribución eléctrica en Ecuador forma parte del Sistema Nacional de Transmisión, que a su vez es un componente vital del Sistema Nacional Interconectado (SNI). La Unidad de Negocio TRANSELECTRIC, bajo la tutela de la Corporación Eléctrica del Ecuador, lidera la transmisión de energía a nivel nacional (CELEC, 2022).

El territorio ecuatoriano se divide en 20 áreas de prestación del servicio de energía eléctrica, gestionadas por diversas entidades. CNEL EP Guayas Los Ríos abarca 10.354 km², de los cuales el 65% corresponde a la provincia del Guayas, el 27% a la provincia de Los Ríos, y el 8% a localidades de provincias vecinas. Esta área cuenta con una extensa infraestructura, incluyendo 42 subestaciones, 16 líneas de subtransmisión de 69 kV y una red de 8.466,04 km en media tensión. Por otro lado, CNEL EP Guayaquil, con 1,382.80 km² de cobertura exclusiva en el cantón Guayaquil, posee 41 subestaciones, 22 líneas

de subtransmisión de 69 kV y 2.867,48 km de redes de media tensión (ARCERNNR, 2022).

Este marco teórico proporciona una visión detallada de la infraestructura eléctrica existente, desde la transmisión nacional hasta la distribución en la provincia del Guayas. Estos elementos son esenciales para comprender la base sobre la cual se podría implementar la tecnología Power Line Communications (PLC) para mejorar el acceso a internet en zonas rurales, aprovechando la infraestructura eléctrica preexistente. La evaluación de la capacidad y alcance de esta infraestructura sienta las bases para el diseño y la implementación eficaz de soluciones tecnológicas en el contexto específico de la provincia del Guayas.

Figura 10
Territorio de CNEL EP por provincia



Fuente: (ARCERNNR, 2022)

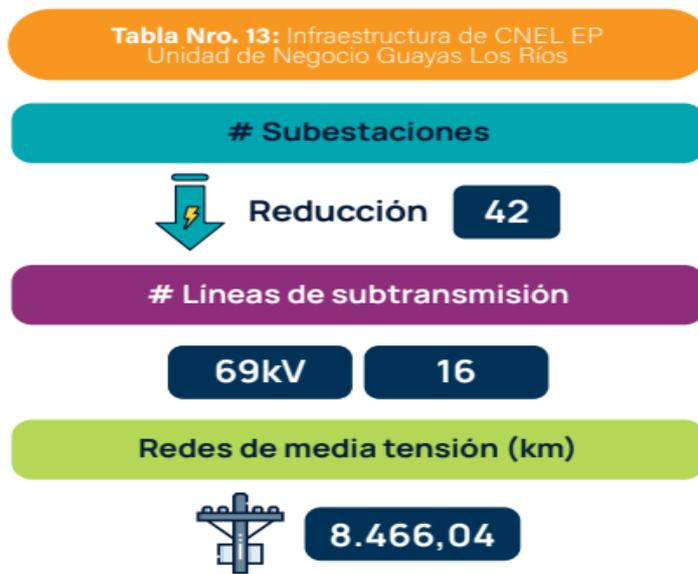
Figura 11
Infraestructura de CNEL EP



Fuente: (ARCERNNR, 2022)

Figura 12

Infraestructura de CNEL EP



Fuente: (ARCERNR, 2022)

1.10.3 La tecnología PLC en Ecuador.

En la actualidad, la Tecnología de Línea de Corriente Eléctrica (PLC) ha despertado un creciente interés en empresas de transporte de energía como CELEC-TRANSELECTRIC en Ecuador. Se han realizado pruebas piloto con resultados prometedores, lo que ha llevado a la oferta de servicios de transporte de datos a través de redes eléctricas según la página oficial de CELEC. Este enfoque muestra grandes perspectivas para el futuro, destacando la viabilidad y eficiencia de la tecnología PLC en el contexto ecuatoriano (Telecomunicaciones, s.f.).

1.10.4 Internet como herramienta de aprendizaje en el Guayas.

La provincia del Guayas enfrenta desafíos significativos relacionados con el acceso a Internet en diversas zonas. Factores como la falta de inversión en estas áreas y la escasez de recursos económicos han contribuido a esta problemática. En el contexto educativo actual, el uso de herramientas tecnológicas se vuelve imprescindible para fomentar el progreso en el aprendizaje.

La tecnología ha transformado la educación, exigiendo una adaptación en los fundamentos pedagógicos para lograr una formación integral en los estudiantes. La incorporación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la educación está en aumento, pero es crucial no solo utilizar recursos

tecnológicos, sino reflexionar sobre metodologías adecuadas respaldadas por dichos recursos.

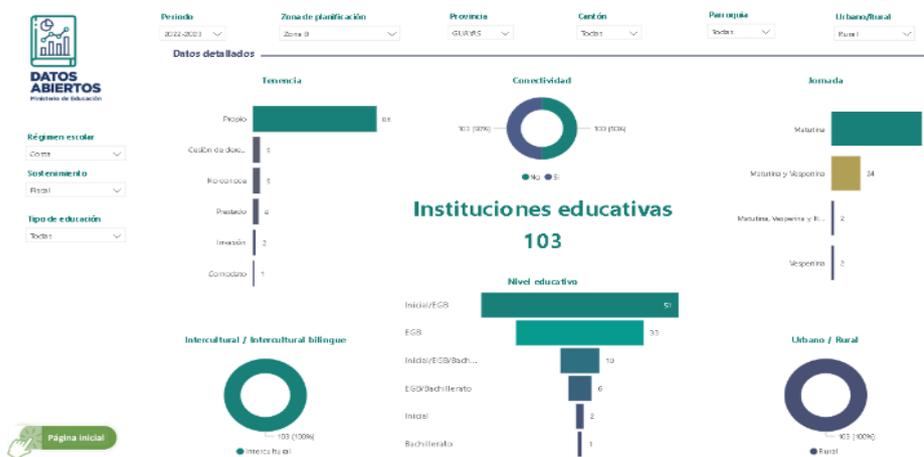
Las TIC, que abarcan informática, telecomunicaciones y tecnologías audiovisuales, desempeñan un papel significativo en la educación. No solo implican cambios metodológicos y curriculares, sino que también actúan como herramientas fundamentales para promover la equidad cultural y la interacción intercultural.

El internet se presenta como una herramienta esencial para el desarrollo de nuevos modelos de enseñanza, ofreciendo acceso a una amplia gama de conocimientos y superando barreras temporales y espaciales. Facilita el aprendizaje flexible, la comunicación y la colaboración entre individuos, permitiendo innovaciones en la educación.

Desde su creación, el internet ha experimentado un rápido avance, incorporando diversas herramientas digitales, mundos virtuales, simulaciones y plataformas educativas. La introducción de las TIC en las aulas redefine los roles de alumnos y docentes, fomentando la responsabilidad y autonomía en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En la provincia del Guayas, la brecha en el acceso a Internet entre zonas urbanas y rurales persiste. La implementación de la tecnología PLC se presenta como una solución ventajosa, aprovechando la infraestructura eléctrica existente y ofreciendo una conexión estable y accesible a escuelas públicas rurales.

Figura 13
Instituciones Educativas fiscales de zonas rurales de la provincia del Guayas



Fuente: Ministerio de Educación (2023)

1.11 Marco teórico contextual

La provincia del Guayas enfrenta desafíos significativos en cuanto al acceso a Internet en diversas zonas, debido a la exclusión de estas áreas de las centrales de distribución. Los problemas surgen principalmente por la falta de recursos económicos y el limitado interés de ciertas empresas en invertir en estas comunidades.

Según el Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025 del Ministerio de Educación, se ha evaluado el Porcentaje de Instituciones Educativas de sostenimiento fiscal con cobertura de internet con fines pedagógicos. A nivel nacional, el 51,75% de estas instituciones fiscales cuentan con acceso a Internet. En el Guayas, la cobertura es del 57,17%, mientras que en las escuelas rurales de sostenimiento fiscal apenas alcanza el 42,84%. Se proyecta un aumento al 65,92% para el 2025, y una alternativa viable para alcanzar y superar estas cifras es la implementación de la tecnología PLC. A continuación, se presenta un cuadro que refleja los porcentajes de cobertura a Internet en instituciones educativas de sostenimiento fiscal en zonas rurales de la provincia del Guayas.

A continuación, se muestra un cuadro donde reflejan los porcentajes de cobertura a internet en instituciones educativas de sostenimiento fiscal de zonas rurales en la provincia del Guayas.

Tabla 5
Sostenimiento fiscal en zonas rurales de Guayas.

			2022
Nacional			51,75%
Área		Urbano	62,81%
		Rural	42,84%
Provincia	9	Guayas	57,17%
Cantón	901	Guayaquil	89,17%
	902	Alfredo Baquerizo Moreno	31,82%
	903	Balao	56,25%
	904	Balzar	31,87%
	905	Colimes	22,45%
	906	Daule	34,48%
	907	Duran	71,19%
	908	El Empalme	38,95%
	909	El Triunfo	52,94%
	910	Milagro	75,86%

911	Naranjal	50,00%
912	Naranjito	95,24%
913	Palestina	27,27%
914	Pedro Carbo	23,94%
916	Samborondón	24,19%
918	Santa Lucia	25,00%
919	Salitre	22,54%
920	San Jacinto De Yaguachi	42,31%
921	Playas	94,74%
922	Simón Bolívar	40,91%
923	Coronel Marcelino Maridueña	91,67%
924	Lomas De Sargentillo	60,00%
925	Nobol	56,25%
927	General Antonio Elizalde	45,45%
928	Isidro Ayora	75,00%

Fuente: Ministerio de Educación 2023

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

La falta de acceso a Internet en el sector rural ha generado la necesidad de desarrollar nuevas formas de proporcionar este servicio, teniendo en cuenta la reducción de costos y el acceso a una tecnología confiable, como es el caso de la tecnología PLC (Cedeño, 2018). El uso de PLC resultaría beneficioso para las instituciones educativas, especialmente aquellas de sostenimiento fiscal en zonas rurales del Guayas, al aprovechar infraestructuras existentes, lo que hace que la instalación sea económica sin incurrir en gastos adicionales que otras tecnologías sí demandan.

Entre las ventajas de la tecnología PLC se incluye su facilidad de instalación, la posibilidad de conectar 2 o más módems en tomas de corriente diferentes para garantizar el acceso a las redes de datos, así como una conexión permanente que no interfiere con el suministro eléctrico, dado que opera en distintas frecuencias. Esta tecnología también ofrece velocidades superiores a 200 Mbps, a diferencia de ADSL, que apenas alcanza los 8 a 24 Mbps, y presenta la posibilidad de un crecimiento gradual de la cobertura, extendiéndose no solo a zonas rurales sino también a urbanas del país.

La implementación de la red PLC en instituciones educativas públicas de zonas rurales del Guayas requiere la conexión dispositivo Gateway o TPE. Este actúa como maestro, autentica, coordina frecuencias y supervisa la actividad del resto

de los equipos en la red PLC, manteniendo un flujo constante de datos a través de la red eléctrica. A su vez, se conecta al ISP mediante la última milla. En la red PLC hay un dispositivo IR (Intermediate Repeater), instalado en el entorno del medidor de energía eléctrica, comunicándose con el modem cabecera. El CPE (Modem Terminal), que actúa como adaptador al cliente, permitiendo la conexión con el usuario final, así comunicar a las escuelas públicas de zonas rurales del Guayas.

Es crucial destacar que la tecnología PLC no debe ser vista como un reemplazo de las tecnologías existentes, sino como un complemento que, junto con otras tecnologías, busca ofrecer soluciones donde existe una necesidad. Aprovechando su bajo costo y la infraestructura preexistente, la tecnología PLC se presenta como una alternativa para llegar a lugares donde otras tecnologías encuentran dificultades. La implementación de este proyecto requiere un equipo de especialistas, especialmente en el área de las Telecomunicaciones, sin descuidar la participación de expertos en áreas legales y sociales para abordar las autorizaciones y licencias necesarias.

METODOLOGÍA
CAPITULO II

Capítulo II

2. Metodología

2.1 Introducción a la Metodología

La metodología utilizada para esta investigación es cuantitativa. Se realizaron entrevistas en una escuela pública autoridades encargadas de la comunidad escolar para comprender las necesidades, expectativas y desafíos en términos de conectividad y acceso al internet.

Se realizaron evaluaciones técnicas de la infraestructura eléctrica que mantienen en las escuelas rurales para identificar los posibles problemas y desafíos que puedan surgir durante la implementación de la red PLC, incluyendo evaluar la calidad de la infraestructura eléctrica, su estabilidad y su capacidad de carga. Además, se realizaron pruebas de la calidad de la conexión eléctrica previa implementación de la red PLC.

Se procesaron y analizaron los datos recopilados, tanto los resultados de las pruebas piloto, para esto evaluar de esta manera la influencia de la implementación en el acceso a Internet y la educación. Se midió el rendimiento de la red en términos de velocidad de Internet, confiabilidad y disponibilidad. En base a los resultados, se proporcionan recomendaciones para la implementación de la red de datos mediante PLC en escuelas rurales de la provincia del GUAYAS.

La metodología cuantitativa permite evaluar de manera precisa la viabilidad técnica de la implementación de una red de datos por PLC, en este caso en escuelas rurales de la provincia del GUAYAS, tomando en cuenta datos concretos y mediciones del rendimiento. La objetividad de los datos cuantitativos proporciona una evaluación integral de la implementación de la red de datos a través de la red eléctrica en escuelas rurales. Esto permite tomar decisiones informadas y ajustar las estrategias según sea necesario a medida que avanza el proyecto.

2.2 Enfoque correlacional.

El enfoque correlacional en esta investigación busca establecer relaciones y conexiones significativas entre variables específicas relacionadas con la implementación de una red de datos mediante PLC en escuelas rurales de la provincia del Guayas. Utilizando un diseño cuantitativo, se llevaron a cabo

diferentes etapas para recopilar datos que permitieran analizar y entender mejor las interrelaciones existentes.

En primer lugar, se realizó entrevistas con las autoridades de la comunidad escolar para comprender las necesidades y desafíos relacionados con la conectividad y el acceso a Internet. Estos datos cualitativos se tradujeron en categorías y variables específicas que luego se correlacionaron con métricas cuantitativas durante el análisis.

La evaluación técnica de la infraestructura eléctrica en las escuelas rurales constituyó otra fase importante de la investigación. Se midieron parámetros específicos, como calidad, estabilidad y capacidad de carga, y se correlacionaron con los desafíos identificados durante las entrevistas. Este análisis de correlación permitió identificar posibles factores que podrían afectar la implementación de la red PLC.

Las pruebas de calidad de la conexión eléctrica antes de la implementación de la red PLC proporcionaron datos numéricos cuantitativos relacionados con la velocidad de Internet, confiabilidad y disponibilidad. Estos resultados se correlacionaron con los datos recopilados durante las entrevistas y las evaluaciones técnicas para obtener una comprensión más profunda de cómo la infraestructura eléctrica podría afectar directamente el rendimiento de la red.

Finalmente, se procesaron y analizaron todos los datos recopilados, tanto cualitativos como cuantitativos, para identificar correlaciones significativas. Estas correlaciones se utilizaron para respaldar conclusiones y recomendaciones específicas para la implementación de la red de datos mediante PLC en escuelas rurales. En resumen, el enfoque correlacional en esta investigación permitió examinar las relaciones entre diversas variables, proporcionando así una visión más completa y precisa de los factores que influyen en el éxito del proyecto

2.3 Diseño de la Investigación

Este diseño no experimental se centra en la planificación y evaluación de la implementación de una red LAN sobre PLC en escuelas rurales de la provincia del Guayas. Se seleccionó la escuela piloto "ESCUELA BÁSICA DE EDUCACIÓN GENERAL LUZ DE AMÉRICA" en Palestina para llevar a cabo evaluaciones detalladas. El diseño proporciona un marco sólido para abordar el

problema del acceso a Internet en las escuelas públicas en la provincia del Guayas.

El objetivo es evaluar la viabilidad y diseñar un plan efectivo para llevar a cabo este proyecto, ya que en las escuelas públicas de las zonas rurales el acceso a Internet suele ser limitado o inexistente. Para demostrar la viabilidad de este proyecto, se utilizó como muestra una escuela piloto ubicada dentro de la provincia del Guayas, donde se llevó a cabo evaluaciones necesarias incluyendo la formulación de una entrevista con el encargado de la escuela, para así diseñar un plan técnico, e implementar la red de datos por medio de la vía eléctrica. Se tomó el enfoque correlacional con la recolección de datos y análisis, y la entrevistas que se efectuó, elaborando un informe final de los resultados incluyendo las debidas recomendaciones para futuras expansiones y mejoras en la red datos mediante electricidad. Este informe sintetiza todas las etapas de la investigación, este diseño de investigación no experimental proporciona un marco sólido para abordar el problema del acceso al Internet.

2.4 Población y Muestra

La población de estudio se sitúa en la provincia del Guayas, en Ecuador, específicamente en los sectores rurales. Para llevar a cabo la investigación, se seleccionó como muestra representativa para la evaluación una escuela piloto esta es la "ESCUELA BÁSICA DE EDUCACIÓN GENERAL LUZ DE AMÉRICA", una escuela pública piloto ubicada en Palestina, una localidad caracterizada por su entorno rural y su relativa distancia de los centros urbanos más grandes en la provincia del Guayas, Ecuador.

La elección de Palestina como escenario de investigación permitió llevar a cabo un análisis exhaustivo de la distribución eléctrica y la interconexión no solo en la mencionada escuela, sino también en las áreas circundantes de esta localidad rural. El enfoque principal de la investigación fue evaluar la infraestructura eléctrica en el sector rural, utilizando datos técnicos actualizados. Este análisis incluyó la identificación de posibles deficiencias y desafíos en las instalaciones eléctricas existentes. Con el objetivo de mejorar la conectividad y facilitar la implementación de tecnologías, en particular dispositivos PLC, se ofrecieron recomendaciones específicas para optimizar la infraestructura eléctrica. Estas recomendaciones, basadas en datos técnicos actuales y buenas prácticas,

buscan no solo satisfacer las necesidades presentes, sino también sentar las bases para futuras mejoras tecnológicas en el ámbito educativo. Asimismo, se busca impulsar el acceso a Internet en la escuela pública de Palestina, contribuyendo de manera significativa al fortalecimiento de la educación y al progreso tecnológico en la provincia del Guayas.

2.5 Procedimiento de Implementación de la Red LAN sobre PLC

2.5.1 Fase 1

Efectuar estudios de la conexión eléctrica en las zonas rurales de la provincia del Guayas.

2.5.1.1 Datos

- Recopilación y análisis del estado actual de la infraestructura pública eléctrica y cobertura del sector seleccionado en la provincia del Guayas, específicamente en el cantón Palestina.
- Evaluación de las condiciones y eficiencia de las instalaciones eléctricas en el cantón Palestina.
- Identificación de tipos de cableado y estándares existentes, estado del cableado en las escuelas rurales.
- Propuestas de soluciones y recomendaciones para mejorar la infraestructura eléctrica, proporcionando acceso confiable y sostenible a la electrificación en la escuela piloto de la zona rural de la provincia del Guayas.

2.5.1.2 Herramientas

- Investigación de datos provenientes del Ministerio de Control de Recursos y Energía de la zona rural de Palestina.
- Análisis técnico de datos sobre las condiciones de la infraestructura eléctrica y eficiencia en el cantón Palestina.
- Recopilación de datos sobre categorías de cables utilizados en zonas rurales.
- Datos sobre estándares y tipos de cables según su categoría para su implementación en instalaciones eléctricas.
- Información acerca del cableado en escuelas y zonas rurales, tomando en cuenta la población de Palestina.

- Recomendaciones específicas para mejorar la infraestructura eléctrica en las instalaciones.
- Elaboración de un plan detallado que establezca la implementación de mejoras en las instalaciones eléctricas de la escuela pública piloto.

2.5.1.3 Procedimiento.

- Recopilación y analizando datos sobre la capacidad de generación actual y futura para satisfacer la demanda de energía en Palestina y las zonas rurales de la provincia del Guayas. Evaluación de la calidad y estabilidad de la energía suministrada, así como datos demográficos y geográficos específicos de la población del cantón Palestina.
- Análisis de la infraestructura eléctrica existente, cuantificación de la demanda de energía en la comunidad.
- Recopilación de datos para identificar el tipo de cableado utilizado en las redes eléctricas y de comunicación, evaluando si cumple con estándares técnicos nacionales e internacionales. Incluye la capacidad de transmitir datos o energía de manera eficiente y segura, así como el análisis de la seguridad del cableado en términos de protección contra cortocircuitos, sobrecargas, riesgos de incendio y otros aspectos relacionados con la seguridad eléctrica.
- Informe de determinación sobre si la infraestructura de cableado satisface las necesidades actuales de las escuelas rurales en cuanto a electricidad y conectividad, y si está preparada para futuras expansiones o actualizaciones.
- Elaboración de un informe para mejorar la infraestructura eléctrica en las escuelas rurales, incluyendo la expansión de las instalaciones de la red eléctrica y mejoras en la generación distribuida. Recomendaciones basadas en los hallazgos para mejorar o actualizar la infraestructura de cableado en caso de identificar problemas o incumplimientos de los estándares.

2.5.1.4 Resultados

En esta etapa, se llevó a cabo una exhaustiva exploración de la infraestructura eléctrica, analizando la continuidad del suministro eléctrico en el cantón

palestina, en la escuela piloto, evaluando la calidad de la infraestructura eléctrica, los tableros de distribución y otros componentes esenciales. Este análisis permitió la identificación de problemas potenciales, tales como cables deteriorados y tableros obsoletos.

Los resultados obtenidos proporcionaron información crucial sobre la capacidad de carga eléctrica disponible en la escuela. Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva para determinar si la infraestructura eléctrica existente podría soportar la incorporación de equipos necesarios para una red de datos, tales como servidores, enrutadores y puntos de acceso. En casos donde se identificaron deficiencias, se implementaron mejoras específicas en la infraestructura eléctrica, tales como el reemplazo de cables, la actualización de tableros eléctricos o la instalación de materiales adicionales.

Los informes generados contienen los resultados detallados de la evaluación realizada durante la fase principal del procedimiento. Estos resultados han culminado en una serie de posibles mejoras significativas en las conexiones de electrificación de la escuela pública piloto seleccionada, que en este caso es la "ESCUELA BÁSICA DE EDUCACIÓN GENERAL LUZ DE AMÉRICA". Estas mejoras están diseñadas para optimizar la eficiencia y confiabilidad de la infraestructura eléctrica, asegurando un entorno propicio para la implementación exitosa de equipos y tecnologías necesarios para la educación moderna.

2.5.2 Fase 2.

Identificar los puntos de acceso y las condiciones de los dispositivos que desea conectarse por medio de la electricidad.

2.5.2.1 Datos.

- Identificación puntos de accesos eléctrico como tomas corrientes
- Diagrama de conexiones eléctricas dentro de la escuela piloto
- Pruebas y medición de condiciones eléctricas.
- Registro de dispositivos potenciales.
- Selección de puntos de acceso aptos para PLC
- Entrevistas con autoridades o profesores encargados de la escuela piloto.
- Planificación de la red PLC.

2.5.2.2 Herramientas.

- Recopilación de datos o documentación sobre la infraestructura eléctrica, que posee la escuela piloto.
- Identificar los puntos de acceso eléctricos.
- Entrevistas con profesores y comunidad para identificar los dispositivos que desean conectarse a través del PLC.
- Pruebas de medición de energía y voltaje para evaluar la condición eléctrica dentro de laboratorios o aulas de clases.
- Planificar la instalación de la infraestructura de la red PLC, incluyendo la ubicación de adaptadores PLC.

2.5.2.3 Procedimientos.

- Información de las instalaciones eléctricas en las zonas rurales de la provincia del Guayas en específico la escuela piloto seleccionada. Esto puede incluir mapas, diagrama, registros de instalaciones eléctricas y documentación técnica.
- Realizar un relevamiento en campo para identificar los puntos de acceso eléctricos, como tomas de corriente, interruptores, y otros dispositivos eléctricos en las áreas rurales en específico la escuela seleccionada para las pruebas. Registrando la ubicación precisa de estos puntos de acceso de la red eléctrica dentro de las instalaciones.
- Entrevista con la autoridad zonal de la escuela piloto, para identificar los dispositivos que desean conectarse a través de PLC. Esto podría incluir computadoras, televisores, enrutadores, sistemas de seguridad etc.
- Uso de herramientas de medición de energía y voltaje para evaluar las condiciones eléctricas en los puntos de acceso identificados. Esto puede incluir la estabilidad del voltaje, la presencia de interferencias eléctricas y la calidad de la señal eléctrica.
- Determinar qué puntos de acceso eléctricos son adecuados para la implementación de PLC. Esto implica evaluar la capacidad eléctrica, la ubicación estratégica y la compatibilidad con los dispositivos deseados.

- Planificar la infraestructura de la red PLC, incluyendo la ubicación de adaptadores y acopladores para la creación de una topología de red eficiente.

2.5.2.4 Resultados.

Los resultados proporcionan datos medibles y cuantificables que ayudarán a tomar decisiones informadas en el proceso de implementación de una red PLC en la escuela pública piloto. Además, permiten identificar posibles limitaciones y áreas de mejora para garantizar un funcionamiento óptimo de la red, dichos resultados informes de pruebas que se efectuaron para la verificación de los puntos de corrientes donde están colocados los dispositivos PLC, con la calidad de los tomas o punto de comunicación eléctrica en instalaciones.

2.5.3 Fase 3.

Acoplar los dispositivos PLC en los puntos de acceso a las necesidades deseadas realizando pruebas y verificando la conectividad de datos y la calidad de la señal en el sector aplicado.

2.5.3.1 Datos.

- Características y Modelos de dispositivos LAN PLC en el mercado.
- Especificaciones técnicas del modelo Power Line escogido
- Modelo de topología de la red LAN PLC
- Instalación de la conexión de la red LAN en los dispositivos PLC
- Detalles de equipos para el uso de la prueba de la red LAN PLC
- Detalles de la comunicación de última milla para la conexión a internet.
- Detalles de la Configuración del Router entre eso el direccionamiento, limitaciones de ancho de banda y seguridad de la red LAN dentro del dispositivo.
- Configuración de dispositivos PLC TP-LINK, entre esos los detalles de seguridad, eventos, actualización, respaldos, y configuraciones que otorga el dispositivo.
- Pruebas de conectividad y evidencias de conectividad a internet, por medio de la red eléctrica.
- Pruebas de calidad de la señal de datos y velocidad de la transmisión de datos.

- Elaboración de recomendaciones para la administración de la red LAN PLC.

2.5.3.2 Herramientas.

- Página web del fabricante, o tiendas online en las que se pueda ver sus características.
- Selección de dispositivos PLC que se van a implementar y configurar.
- Conectar una conexión de acceso WAN por medio de un dispositivo GSM.
- Diagramación de la topología de conexión de los dispositivos.
- Manuales de configuración de equipos PLC para su configuración.
- Instalación y configuración de los dispositivos PLC que se instalarán en los puntos de acceso.
- Optimización y Ajustes dentro del dispositivo si es necesario, se realizan ajustes en la configuración.
- Pruebas de conectividad de datos, uso de herramientas de conexión.
- Herramienta de diagnóstico y de medición de conectividad en línea.
- Verificación de desempeño, herramienta de verificación del rendimiento general de la red PLC.
- Elaboración de recomendaciones para administración de la red LAN PLC.

2.5.3.3 Procedimientos.

- Revisión de característica de equipos para implementación de la red PLC, haciendo un análisis, de datos técnicos de los equipos, compatibilidad con la infraestructura eléctrica actual de la zona rural y en la escuela pública piloto de la provincia del Guayas que se efectuará el proyecto piloto.
- Con base en los resultados de la identificación de puntos de acceso y las necesidades de conectividad, planifica la ubicación de los dispositivos PLC en los puntos de acceso seleccionados. Considera la distancia entre los dispositivos y la topología de la red.
- Instalar los equipos PLC en los puntos de acceso eléctricos identificados de acuerdo con el plan establecido. Conectar los dispositivos de comunicación, que se desean conectar a través de la red a los adaptadores PLC en sus respectivas ubicaciones.

- Configurar los adaptadores PLC de acuerdo con las necesidades específicas de la red. Esto puede incluir la asignación de contraseñas de seguridad y la configuración de la red, así la también seguridad en la red, visor de eventos, y actualización de los dispositivos.
- Pruebas iniciales para verificar la conectividad de datos entre los dispositivos conectados a través de PLC. Asegurarse de que los dispositivos se reconozcan mutuamente y puedan comunicarse correctamente. Uso de herramientas y software de diagnóstico para medir la calidad de la señal y la velocidad de transferencia de datos entre los dispositivos PLC.
- Prueba y test de velocidad y conectividad del internet en la red LAN PLC.
- Elaboración de recomendaciones en la administración para usuarios de la red o encargados de mantener la red PLC en funcionamiento para garantizar un uso adecuado y las resoluciones de problemas básicos que se puedan dar con el tiempo.

2.5.3.4 Resultados.

Como resultado en la implementación de la red LAN mediante dispositivos PLC, se llevaron a cabo diversas fases y pruebas para garantizar un desempeño óptimo. Se inició revisando las características y modelos disponibles en el mercado de dispositivos LAN PLC, considerando aspectos como compatibilidad y especificaciones técnicas. Se seleccionó el modelo Power Line con base en estas consideraciones y se diseñó un modelo de topología de red LAN PLC, teniendo en cuenta la infraestructura eléctrica de la zona rural y las necesidades específicas de la escuela piloto en la provincia del Guayas.

La instalación de la conexión de la red LAN en los dispositivos PLC se llevó a cabo siguiendo un plan detallado, considerando la ubicación estratégica de los puntos de acceso y asegurando la conectividad de datos mediante pruebas rigurosas. Los detalles de equipos para la prueba de la red LAN PLC fueron minuciosamente registrados, incluyendo configuraciones de seguridad, direccionamiento y limitaciones de ancho de banda del router que facilitaron la conexión a Internet.

La configuración de los dispositivos PLC TP-LINK se centró en aspectos clave como seguridad, eventos, actualizaciones y respaldos, aprovechando las

funcionalidades proporcionadas por estos dispositivos. Se realizaron pruebas de conectividad y se recopilaron evidencias que demostraron la efectividad de la conexión a Internet a través de la red eléctrica.

Las herramientas utilizadas en el proceso incluyeron la consulta de la página web del fabricante, la selección cuidadosa de dispositivos PLC, y la conexión de acceso WAN mediante un dispositivo GSM. La diagramación de la topología de conexión, manuales de configuración, optimización y ajustes, así como herramientas de diagnóstico y medición, se utilizaron para garantizar un desempeño robusto de la red.

Los procedimientos se llevaron a cabo con un enfoque analítico, revisando las características de los equipos, planificando la ubicación de los dispositivos PLC, instalando y configurando los equipos según el plan establecido, y realizando pruebas iniciales para verificar la conectividad de datos. Además, se ejecutaron pruebas de velocidad y conectividad del internet en la red LAN PLC para evaluar el rendimiento general.

Como resultado de estas acciones, se elaboraron recomendaciones detalladas para la administración de la red LAN PLC, proporcionando pautas para el usuario administrativo y los encargados de mantener la red en funcionamiento. Estas recomendaciones buscan garantizar un uso adecuado de la red y ofrecer soluciones a posibles problemas que puedan surgir con el tiempo, contribuyendo al éxito.

2.6 Limitaciones del Estudio

Las limitaciones de un estudio pueden surgir de diversos factores que podrían influir en la validez, fiabilidad o generalización de los resultados. En este caso algunas posibles limitaciones podrían ser:

- **Tamaño y alcance del estudio:** El estudio se centra en una sola escuela rural específica, lo que podría limitar la capacidad de generalizar los resultados a otras instituciones educativas o entornos rurales diferentes.
- **Limitaciones geográficas:** La investigación se desarrolla en una región geográfica específica, lo que podría limitar la aplicabilidad de los resultados a otras áreas geográficas con características diferentes.

- **Limitaciones tecnológicas:** La tecnología PLC o las condiciones de infraestructura eléctrica podrían variar en diferentes contextos, lo que podría afectar la implementación y los resultados obtenidos.
- **Factores externos:** Eventos externos, como cambios en políticas educativas o en la disponibilidad de recursos tecnológicos, podrían influir en la implementación y en los resultados del estudio.
- **Tiempo y recursos:** Limitaciones de tiempo o recursos disponibles podrían afectar la profundidad del estudio, la cantidad de datos recopilados o la extensión de las pruebas y evaluaciones.
- **Posibles sesgos:** La percepción subjetiva de los participantes o investigadores, así como posibles sesgos en la interpretación de los datos, podrían influir en los resultados y conclusiones del estudio.
- **Limitaciones en la recolección de datos:** Problemas relacionados con la disponibilidad de datos precisos, la participación de los interesados o la calidad de la información podrían ser limitantes en la investigación.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS
CAPITULO III

Capítulo III

3. Análisis e interpretación de resultados

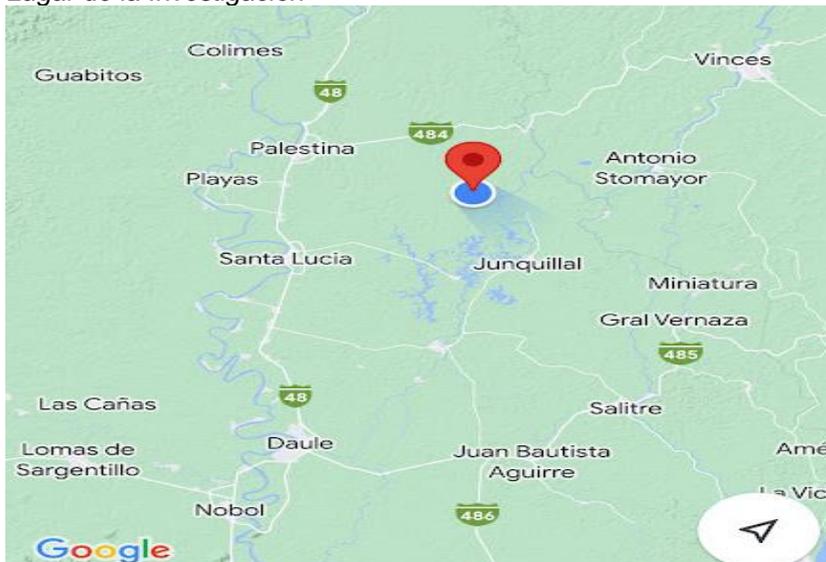
En este capítulo se hablará de las dos primeras fases de los objetivos específicos de este presente trabajo tomando como referencia, el análisis de las conexiones eléctricas y datos de capacidad alimentación eléctrica del cantón Palestina.

En este proceso, nuestro enfoque se centra en identificar con precisión los puntos de acceso eléctrico, tales como tomas de corriente, y evaluar las condiciones eléctricas en las instalaciones escolares. Este análisis se complementará con un diagrama de las conexiones eléctricas, pruebas de medición de energía y voltaje, y un registro exhaustivo de los dispositivos que buscan integrarse mediante la tecnología PLC. Mediante entrevistas con la autoridad zonal de la escuela, obtendremos una comprensión profunda de las necesidades específicas de conectividad, proporcionando así la base esencial para la planificación estratégica de la infraestructura de la red PLC. Estos pasos cruciales nos permitirán no solo identificar los puntos óptimos para la implementación de dispositivos PLC, sino también anticipar posibles desafíos y áreas de mejora para garantizar un despliegue eficiente y confiable en este entorno educativo rural.

3.1 Análisis del lugar de investigación del sector de la escuela piloto

Figura 14

Lugar de la Investigación



Tomado de (Google,2023)

La empresa CNEL Unidad de negocios Guayas-Los Ríos, cuenta con el servicio de energía eléctrica del 65% y 27% a la provincia del Guayas y Los Ríos, en esta se encuentra la subestación palestina, esta ocupa el abastecimiento de la población de palestina y sus distintos recintos, y este ubicado a 80 km de guayaquil, este se encuentra en el centro de la provincia del Guayas.

En Palestina tienen una subestación distribuidora de 12.5 MVA que alimenta además al cantón Colimes. Según datos del INEC la cobertura eléctrica con relación a las viviendas del cantón Palestina es del 79,28% que cuentan cobertura eléctrica. Para la mejora y expansión de la transmisión en el año 2020 proyecto eléctrico S/E Palestina 230/138/69 kV como la alternativa más adecuada de abastecimiento de energía para la zona de Palestina y parte del área de influencia de CNEL Guayas Los Ríos. En función de todo lo indicado, se planifica tres patios con 230, 138 y 69 kV.

3.2 Análisis y evaluación de las condiciones en las instalaciones eléctrica del cantón Palestina.

En la infraestructura eléctrica existente en el sector de Palestina, en las escuelas públicas las instalaciones estas se encuentran en mal estado y eso limita la conectividad a través equipos eléctricos, los puntos de acceso y alumbrado en sus instalaciones, los cables no cumplen con el calibre ideal para su instalación, no cuentan con medidor eléctrico así mismo no hay un mantenimiento de instalaciones eléctrica, en la mayoría de escuelas en el sector rural del Guayas se ve reflejado la poca atención, sus conexiones son directas al breques estos no se encuentra bien distribuidas e identificados en un tablero eléctrico, Las conexiones eléctricas sin medidor a menudo se asocian con instalaciones eléctricas informales, lo que puede resultar en una falta de control sobre el consumo de electricidad. Las conexiones en esos estados pueden representar riesgos de seguridad, como cortocircuitos o sobrecargas, especialmente si se realizan conexiones improvisadas. Estas condiciones pueden aumentar el riesgo, La falta de conexiones eléctricas confiables puede afectar la educación en las zonas rurales al dificultar el acceso a recursos educativos en línea y a tecnologías que son fundamentales para la educación moderna. Las conexiones en mal estado pueden contribuir a desigualdades en el acceso a servicios básicos, creando brechas entre áreas urbanas y rurales en términos de

infraestructura y desarrollo. Abordar el problema de conexiones en mal estado en áreas rurales como el cantón Palestina y sus alrededores requiere inversiones significativas en la mejora de la infraestructura eléctrica y un mantenimiento regular para garantizar la confiabilidad a largo plazo. Para mejorar la calidad y reducir las disparidades en el acceso a servicios básicos. Esto requiere esfuerzos coordinados a nivel gubernamental, local y comunitario, así como inversiones significativas en infraestructura y mantenimiento.

3.3 Calibres de los cables eléctricos para instalaciones según estándar AWG.

Cuando se habla de sistemas AWG (American Wire Gauge), las dimensiones de los cables y alambres eléctricos se suelen dividir en calibres. Sin embargo, es más común reconocerlos según el diámetro del cable en el sistema métrico decimal y clasificarlos según el diámetro del cable en milímetros cuadrados. La siguiente tabla también es de gran ayuda para saber el calibre equivalente en milímetros.

Tabla 6

Tabla de estándar de tipo de calibre de cable.

CALIBRE / AWG	SECCIÓN EN MM2	CONSUMO DE CORRIENTE	EJEMPLOS
4	25mm ²	Muy alto	Acondicionadores de aire, centrales, equipos industriales (240 volts).
6	16mm ²	Alto	Acondicionadores de aire, cocinas eléctricas y acometidas de energía eléctrica.
8	10mm ²	Medio – alto	Secadoras de ropa, refrigeradores, aires acondicionados de ventana.
10	6mm ²	Medio	Microondas, licuadoras, contactos de casas y oficinas, extensiones de uso industrial.
12	4mm ²	Medio – bajo	Cableado para iluminación, contactos de casas, extensiones industriales.
14	2.5mm ²	Bajo	Extensiones de bajo consumo eléctrico, lámparas.
16	1.5mm ²	Muy bajo	

			Productos electrónicos: termostatos, timbres o sistemas de seguridad.
--	--	--	--

Fuente: (Electrotec, 2023)

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

3.4 Análisis del cableado en escuelas y zonas rurales

El tipo de calibre usado en escuelas públicas son de calibre 12 AWG, este calibre se utiliza en aplicaciones de menor capacidad de corriente, como circuitos de iluminación y toma de corriente estándar en aulas, pasillos y áreas de menor tamaño en escuelas rurales. Es adecuado para corrientes de hasta aproximadamente 20 amperios.

El calibre 10 AWG se emplea en aplicaciones que requieren mayor capacidad de corriente, como la alimentación de equipos electrónicos o sistemas de calefacción y refrigeración en áreas más grandes. Puede manejar corrientes de hasta aproximadamente 30 amperios.

Cable de 8 y 6 AWG estos calibres son más robustos y se utilizan en aplicaciones de alta capacidad de corriente, como la alimentación de paneles de distribución eléctrica, sistemas de climatización en áreas extensas.

Seleccionar la elección del calibre del cable se basa en un cálculo de carga eléctrica que tiene en cuenta varios factores, como la potencia de los dispositivos. En áreas rurales, donde las condiciones ambientales pueden variar, es importante considerar la resistencia de los cables a la intemperie y a la humedad. Los cables utilizados en exteriores o en lugares expuestos a la humedad deben ser adecuados para estas condiciones y estar protegidos adecuadamente.

3.5 Análisis y recopilación de datos de estado actual de las condiciones eléctricas de la escuela piloto y su evaluación.

Figura 15

Evidencia eléctrica.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

INFORME: Se encontraron breakers THQC 1120 Type (120/240V), conexión de 110 V, en las instalaciones posee 2 aulas, y un cuarto donde se encuentran cosas que no se usan, en un aula se encontraron 3 tomas corrientes que marcaban 118V en cada punto de la primera aula, hay 1 caja de interruptor de 2 switch interconectado con 4 Focos, las instalaciones de cable estaban con tubo PVC de 1 pulgada y cable de calibre 12.

Figura 16
Evidencia eléctrica.

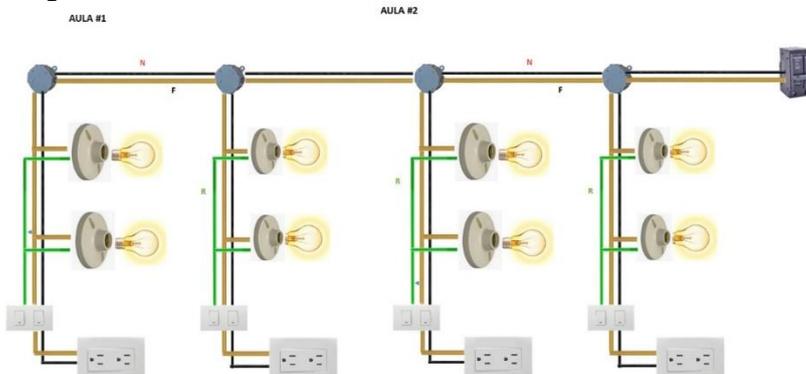


Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

3.5.1 Diagrama de las instalaciones eléctricas de las aulas de la escuela piloto, ESCUELA BÁSICA DE EDUCACIÓN GENERAL LUZ DE AMÉRICA.

Tomando datos en donde se implementó los equipos PLC para la simulación en sus instalaciones se encontraron como lo indica el siguiente diagrama.

Figura 17
Diagrama de las instalaciones eléctricas



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

3.5.2 Identificación de los puntos de accesos o tomas corrientes de las instalaciones de la escuela piloto.

Figura 18

Tomacorriente encontrado



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

En las instalaciones, se disponen tomas de corriente con tres puntas, de 15 amperios, 25 voltios, del tipo B doble. Estas son unas de las tomas de corriente más reconocidas y comúnmente utilizadas en los hogares en la actualidad. Este tipo de toma de tres puntas presenta dos ranuras verticales, acompañadas por un orificio de conexión a tierra en forma de U invertida en la parte superior. El cable de tierra desempeña un papel crucial al prevenir descargas eléctricas en caso de que algún cable se suelte.

Estas tomas, conocidas como NEMA 5-15, están diseñadas para enchufes con dos clavijas paralelas planas y una tercera para la toma de tierra. Tienen una capacidad de 15 amperios y, aunque se utilizan con menos frecuencia que en Norteamérica, son comúnmente empleadas en Ecuador.

En las instalaciones de la escuela en cada aula se encontraron en las mismas condiciones los puntos de corrientes estos están distribuidos de un extremo un punto de toma corriente, y del otro extremo el segundo punto, así también la otra aula que cuentan con las mismas condiciones.

3.5.3 Pruebas de las condiciones de los puntos eléctricos y cumplimiento para la conexión de dispositivos PLC

Figura 19

Pruebas en tomas de corriente.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Se realizaron pruebas eléctricas en puntos de tomas corriente es esencial para garantizar la seguridad y funcionalidad del sistema eléctrico, con el objetivo de verificar que haya una conexión eléctrica continua a través del enchufe, Para esto se colocó un dispositivo de medición como un multímetro para medir la continuidad entre los terminales de enchufe y el cable de conexión, con una lectura de resistencia 118 V, de la Fase-neutro esta es la tensión de la carga. La lectura de tensión debe ser 120 V (normalmente de 115 V a 125 V). La medición de fase-neutro por sí misma no dice si se han conectado al revés. Tiene que medir neutro-fase o fase-tierra. Si la tensión neutro-tierra es de alrededor de 120 V y fase-tierra es unos voltios menores, es necesario invertir la fase y el neutro. Las conexiones de cables en las tomas corrientes no se identificaban cual es el neutro y cuál es la fase.

3.5.4 Dispositivos potenciales que se conectarán en los puntos de accesos.

En los puntos de acceso, se anticipa la conexión de una variedad de dispositivos que ampliarán y optimizarán la funcionalidad de la red. Estos dispositivos abarcan, entre otros, computadoras portátiles, teléfonos inteligentes, tabletas,

impresoras inalámbricas, altavoces, así como equipos como router, switches y dispositivos PLC. Estos puntos de acceso no solo garantizarán la conectividad con dispositivos convencionales, sino que también facilitarán la integración de tecnologías emergentes, permitiendo así una infraestructura de red versátil y adaptativa. La conectividad inalámbrica proporcionada por estos puntos de acceso garantizará una experiencia de usuario fluida y eficiente para una amplia variedad de dispositivos.

3.6 Entrevista semiestructurada

Entrevista del encargado zonal de la escuela pública “ESCUELA BÁSICA DE EDUCACIÓN GENERAL LUZ DE AMÉRICA” del cantón Palestina del recinto Suruche. Investigador: Juan Carlos Núñez Villavicencio

3.6.1 Propósito de la investigación.

Esta investigación es para propósito de recolección de datos del estado actual de las instituciones públicas del sector rural en temas de conectividad y acceso al internet, y como se encuentran sus instalaciones eléctricas en la actualidad, si están acorde a los correspondiente estándares y calibre de cables que se usan para instalaciones eléctricas.

3.6.2 Información general.

Nombre: Rommel Omar Goya Rodríguez Género: Masculino Edad: 38 Nivel de educación: Profesional Cargo que ocupa en la institución: Coordinador zonal y profesor de la escuela Institución: Pública (X) Privada (___) Nombre de la institución: ESCUELA BÁSICA DE EDUCACIÓN GENERAL LUZ DE AMÉRICA

3.6.3 Preguntas.

- ¿Tienen acceso a internet todas sus instalaciones?

No contamos en nuestra escuela con acceso a internet, en este sector las coberturas de las compañías de telecomunicación son pésima en telefonía celular y en la zona de Suruche en la gran mayoría de casas no cuentan con el servicio de internet.

- ¿Cuáles son las condiciones actuales del acceso al internet en la Zona de palestina SURUCHE?

Son inaccesible ya que no hay compañías de internet que pueda proveer el servicio de internet, en otros recintos cuentan, pero ofrecen un mal servicio y es

por medio de antenas y cuando llueve o hay tormenta eléctrica se quedan sin servicio por varios días.

- ¿Poseen laboratorios de computación con acceso a internet?

No contamos con laboratorios de computación, se requiere laboratorios ya que es una herramienta clave para el aprendizaje en la niñez y poder impartir clases a nuestros alumnos y también a nosotros facilitarnos material didáctico que podamos tener por internet.

- ¿Si cuenta con acceso a internet cual es el medio de transmisión del proveedor de internet?

El medio de transmisión que llega en los recintos aledaños, y en ciertas partes de Suruche es por antenas, es muy escaso tener el servicio de internet en estas zonas.

- ¿El acceso a internet en cantón palestina y en el recinto Suruche como lo califica?

Por vía celular no llega muy buena recepción de la señal en llamadas e internet, el internet por antenas no es tan bueno porque es lento y cuando hay lluvias se va la señal y se tardan en resolver los problemas de conectividad las compañías que provee del servicio.

- ¿Qué desafíos o barreras ha enfrentado?

Intermitencia en la zona de la cobertura celular, no poder tener ayuda didáctica con herramienta de aprendizaje que puede facilitar a los niños de la comunidad para su aprendizaje.

- ¿Usted conoce que empresas de telecomunicaciones tienen el servicio de internet en la zona de palestina?

Ubenet en el recinto de Suruche el medio que nos ofrecen por antenas, así mismo en los recintos aledaños, y en el centro de palestina.

- ¿Cuáles son las necesidades para la comunicación de internet en aulas, instalaciones y laboratorios de las escuelas?

No contamos con computadora, ni herramientas tecnológicas que nos serviría de gran ayuda para el aprendizaje en nuestros niños, y a nosotros como docentes poder usar herramienta para la enseñanza.

- ¿Cuenta con cableado estructurado en toda la instalación para el acceso de internet?

No contamos con cableado de red para el internet.

- ¿Los docentes tienen dispositivos con acceso a internet para la enseñanza a los alumnos?

Contamos con dispositivos para la enseñanza para nuestros alumnos, y no tenemos accesos internet por esta zona en nuestros equipos personales.

- ¿Cuántos alumnos cuenta la unidad educativa y distinto niveles?

Es una unidad educativa básica desde 1 nivel a 7 nivel de básica

- ¿Qué impacto hubiera con el acceso a internet en toda la instalación de la escuela?

El impacto sería muy grande para la comunidad tanto en la escuela y en el recinto ya que habría mayor cobertura en las zonas rurales como ésta, y el acceso al internet. Con el acceso al internet nos permite a maestros y estudiantes acceder a una amplia gama de recursos educativos en la internet, facilitaría la implementación de herramientas y plataformas de aprendizaje personalizado que se adapten para el uso de ayuda para la educación, uno de estos es el aprendizaje remoto, usar herramientas didácticas y el control de tareas didácticas que los estudiantes puedan realizar.

3.6.4 Preguntas de conectividad eléctrica.

- ¿Qué tipo de infraestructura eléctrica existe en la escuela?

Es una comunicación eléctrica muy básica solo se cuenta con alumbrado y puntos de conexión eléctrica o tomas corrientes en las 2 aulas en la escuela.

- ¿Cuenta con conexiones eléctricas correctamente implementada?

Creo que las instalaciones por lo que he visto son muy básicas y de uso doméstico.

- ¿Cuántos puntos de toma corriente tiene cada aula?

Contamos con 2 aulas y en las aulas tenemos 3 puntos de toma corriente.

- ¿Las instalaciones eléctricas cuentan con los tipos de cables y con la adecuada estandarización en instalaciones?

Desconozco sobre la parte del cableado, y si este cuenta con las debidas normativas en instalaciones eléctrica.

- ¿Las instalaciones cuentan con la debidas seguridades y protecciones termo magnética?

Desconozco sobre la parte de protección y seguridad eléctrica, pensaría que no porque no veo un lugar donde encuentre lo que me está preguntando.

- ¿Los tableros o cajas de control eléctrico están adecuadamente señalizado (Riesgo eléctricos)?

Por lo que eh visto la caja de fusible donde esta no tiene ninguna señalización.

- ¿Cuenta con líneas de tierra?

Desconozco si cuenta con línea de tierra las instalaciones.

¿Posen planos o diagramas del esquema eléctrico de las instalaciones?

No

- ¿El cableado principal y sus derivaciones en las instalaciones eléctricas están entubados o empotrados?

Se encuentra las instalaciones en la visibilidad tubos en el cableado, y distribuido en los focos en las partes del techo de las instalaciones.

- ¿Poseen algún plano o diagrama como está distribuido las conexiones eléctricas o alguna documentación que se pueda facilitar?

No se posee ninguna documentación ni diagrama que le pueda facilitar, ya que como observa la condición eléctrica están a la vista.

- ¿Qué dispositivos se interconectarán a la red de datos PLC a través de la energía eléctrica?

Dispositivos móviles, computadoras personales, y si se implementa un laboratorio de computación se conectaría a internet, dispositivos como Tablet que poseen los alumnos.

3.7 Análisis y recomendaciones para la correcta instalación eléctrica en las escuelas públicas, plan piloto.

Antes de iniciar la instalación, es fundamental realizar una planificación detallada que incluya la disposición de los enchufes, interruptores, luces y otros dispositivos eléctricos. Se deben considerar posibles expansiones y futuras necesidades. Asegurarse de cumplir con todas las normativas y códigos eléctricos locales y nacionales es crucial para garantizar la seguridad y legalidad de la instalación.

Es esencial utilizar materiales eléctricos de alta calidad, que abarquen cables, interruptores, enchufes, paneles eléctricos y cualquier otro componente. La calidad de los materiales impacta directamente en la seguridad y durabilidad del sistema. Se debe dimensionar correctamente la capacidad de carga del sistema eléctrico para satisfacer la demanda actual y futura, evitando sobrecargar los circuitos y asegurándose de que el panel eléctrico tenga la capacidad adecuada. La instalación de protectores contra sobretensiones es crucial para proteger dispositivos electrónicos sensibles, especialmente en áreas propensas a tormentas eléctricas. Las conexiones flojas pueden ocasionar recalentamiento y representar riesgos de seguridad.

El uso de interruptores de circuito y disyuntores es fundamental para proteger contra cortocircuitos y sobrecargas, previniendo daños en la instalación y mejorando la seguridad. Asimismo, la implementación de un sistema de puesta a tierra adecuado es esencial para garantizar la seguridad de las personas y la protección de los equipos.

Etiquetar claramente todos los interruptores y paneles eléctricos facilitará la identificación de qué circuito alimenta cada dispositivo o área. Mantener una documentación completa de la instalación, que incluya planos y detalles técnicos, será de gran ayuda para futuras expansiones o reparaciones.

3.8 Planificación de la red PLC dentro de la instalación eléctrica de la escuela piloto.

La planificación de la red PLC dentro de la instalación eléctrica de la escuela piloto se basa en una cuidadosa evaluación de los datos analizados. En este proceso, se examinaron los puntos de tomas corrientes con el objetivo de determinar su idoneidad para la implementación de dispositivos PLC. Los análisis y mediciones realizados, incluyendo verificaciones de cargas eléctricas en las instalaciones, han identificado las tomas que cumplen con los requisitos para ser considerados elegibles. Sin embargo, se observa la necesidad de mejorar las instalaciones eléctricas, especialmente en las aulas de clase, donde actualmente solo hay dos puntos de corriente disponibles. Considerando futuras expansiones y la creciente demanda de conectividad, se recomienda una mejora en la infraestructura eléctrica, añadiendo más puntos de conexión para permitir la expansión de dispositivos PLC. La visión a largo plazo implica dotar cada aula

de clase con adaptadores terminales, facilitando así la propagación de la conexión de internet de manera efectiva. Además, se contempla la creación de laboratorios específicos, distribuyendo la red con dispositivos planificados para el futuro. Como parte de la prueba piloto, se implementarán dispositivos PLC en los dos puntos de acceso eléctrico de un aula de clase seleccionada, permitiendo evaluar y proponer soluciones efectivas para el acceso a internet en la escuela piloto. Este enfoque estratégico busca no solo resolver necesidades inmediatas, sino sentar las bases para una conectividad sostenible y escalable en el entorno educativo.

**PROPUESTA
CAPITULO IV**

Capítulo IV

4. Propuesta.

La presente propuesta tiene como uno de los objetivos específico de la fase 3 de la metodología, llevar a cabo la implementación de una red de área local (LAN) basada en la tecnología Power Line Communication (PLC) en la Escuela Básica de Educación General Luz de América, situada en el pueblo de Palestina, provincia del Guayas. Esta iniciativa se plantea como una solución innovadora para superar los desafíos de conectividad en entornos rurales, aprovechando la infraestructura eléctrica preexistente para mejorar significativamente el acceso a recursos educativos en línea.

La elección estratégica de la Escuela Básica de Educación General Luz de América en Palestina como escuela piloto se fundamenta en la necesidad de abordar los problemas de conectividad específicos de una comunidad rural. Esta elección permitirá desarrollar un modelo de implementación que pueda replicarse en otras escuelas de la provincia del Guayas, maximizando así el impacto de la iniciativa.

Se llevó a cabo una minuciosa evaluación de la calidad de la conexión eléctrica para asegurar su plena compatibilidad con la tecnología PLC. Este proceso garantiza que la transmisión de datos a través de la red eléctrica sea no solo eficiente, sino también altamente confiable. Una vez concluida esta evaluación exhaustiva de la infraestructura, se procedió a la selección de los equipos y dispositivos necesarios, incluyendo adaptadores PLC destinados a cada punto de acceso. La importancia de esta elección radica en la necesidad de seleccionar dispositivos que se ajusten precisamente a las necesidades particulares de la escuela y que estos cumplan rigurosamente con los estándares establecidos por la tecnología PLC.

Para llevar a cabo la prueba piloto, se seleccionaron los dispositivos de la marca TP-LINK, específicamente el modelo TL-WPA7517, que cumplen con el estándar AV2. Estos dispositivos, clasificados como adaptadores Powerline, permiten la transmisión eficiente de datos a través de la red eléctrica, una práctica comúnmente asociada con la tecnología PLC. Al utilizar la infraestructura eléctrica preexistente en un edificio, estos adaptadores eliminan la necesidad de

cables adicionales, permitiendo una implementación más sencilla y estéticamente limpia.

Destacando sus ventajas, estos modelos ofrecen velocidades de transferencia más rápidas gracias a sus puertos Gigabit Ethernet. Esta característica posibilita la conexión a un Router o Switch para una transmisión de datos ágil y eficaz mediante la electricidad. La elección de estos dispositivos específicos para la prueba piloto se fundamenta en su capacidad para cumplir con los requisitos operativos necesarios. Además, se consideró la viabilidad económica, ya que, en comparación con tecnologías competidoras, no requieren costos adicionales como cables o una distribución de red compleja, teniendo en cuenta tanto la eficiencia técnica como la estética del área operativa.

4.1 Características de los equipos.

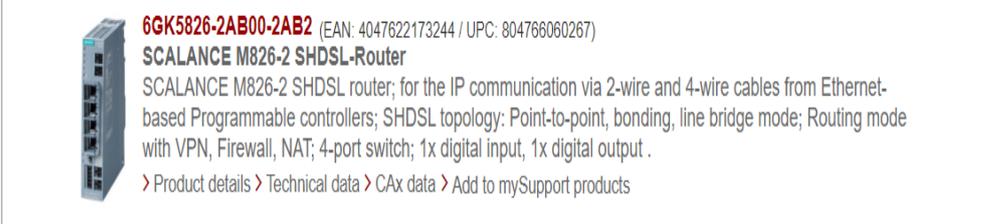
4.1.1 Equipos en el mercado para la implementación red LAN PLC

Figura 20
AV1000 Gigabit Powerline - Características.

 HOGAR HOGAR INTELIGENTE NEGOCIOS PROVEEDOR DE SERVICIOS	
Adaptadores Powerline TL-PA7017 KIT Visión general	
CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE	
Estándares y Protocolos	HomePlug AV2, HomePlug AV, IEEE 1901, IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab
Tipo de Enchufe	EU, UK, US
Interface	Puerto Gigabit Ethernet
Botón	Botón Pair/Reset
Consumo de Energía	Máximo: 2.7W (220V/50Hz) Típico: 2.3W (220V/50Hz) Standby: 0.5W (220V/50Hz)
Indicador LED	PWR, PLC, ETH
Dimensiones (W X D X H)	2.6*2.0*1.1 in (65*52*28.5mm)
Rango	300 metros sobre circuito eléctrico
CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE	
Modulation Technology	OFDM (PLC)
Cifrado	Seguridad del Powerline: AES de 128 bits
OTROS	
Certificación	CE, RoHS
Contenidos del Paquete	Adaptador Ethernet Powerline Cable Ethernet de 2 m (RJ45) Guía de Instalación Rápida
Requisitos del Sistema	Windows 2000/XP/2003/Vista, Windows 7/8/8.1, Mac, Linux
Ambiente	Temperatura de funcionamiento: 0°C~ 40°C (32°F~104°F) Temperatura de almacenamiento: -40°C~70°C(-40°F~158°F) Humedad de funcionamiento: 10%~90% sin condensación Humedad de almacenamiento: 5%~90% sin condensación

Tomado de (tp-link.com, 2023)

Figura 21
Scalance M826-2 SHDSL-Router.



6GK5826-2AB00-2AB2 (EAN: 4047622173244 / UPC: 804766060267)
SCALANCE M826-2 SHDSL-Router
 SCALANCE M826-2 SHDSL router; for the IP communication via 2-wire and 4-wire cables from Ethernet-based Programmable controllers; SHDSL topology: Point-to-point, bonding, line bridge mode; Routing mode with VPN, Firewall, NAT; 4-port switch; 1x digital input, 1x digital output .
 > Product details > Technical data > CAx data > Add to mySupport products

Tomado de (siemens.com, 2023).

Figura 22
Módulo neta-01 abb características.

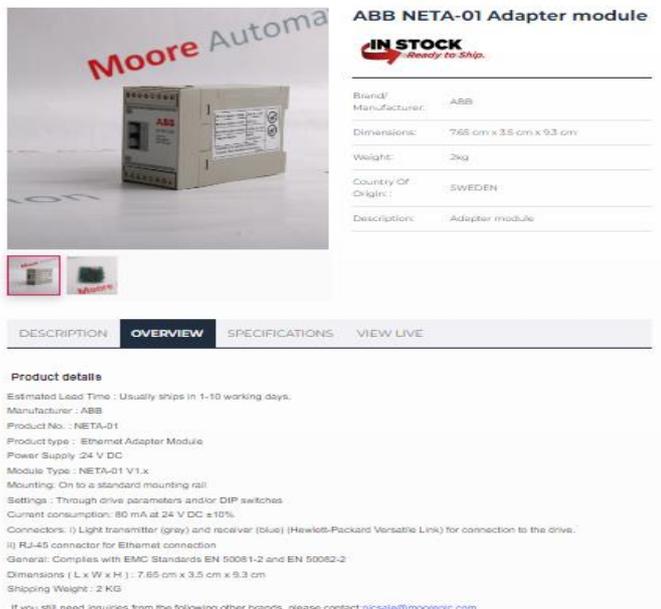


ABB NETA-01 Adapter module
IN STOCK Ready to Ship.
 Brand/Manufacturer: ABB
 Dimensions: 7.65 cm x 3.5 cm x 9.3 cm
 Weight: 2kg
 Country Of Origin: SWEDEN
 Description: Adapter module

Product details
 Estimated Lead Time : Usually ships in 1-10 working days.
 Manufacturer : ABB
 Product No. : NETA-01
 Product type : Ethernet Adapter Module
 Power Supply : 24 V DC
 Module Type : NETA-01 V1.x
 Mounting : On to a standard mounting rail
 Settings : Through drive parameters and/or DIP switches
 Current consumption: 80 mA at 24 V DC ±10%
 Connectors : i) Light transmitter (grey) and receiver (blue) (Hewlett-Packard Versatile Link) for connection to the drive.
 ii) RJ-45 connector for Ethernet connection
 General: Complies with EMC Standards EN 50081-2 and EN 50082-2
 Dimensions (L x W x H) : 7.65 cm x 3.5 cm x 9.3 cm
 Shipping Weight : 2 KG
 If you still need inquiries from the following other brands, please contact: picsale@moorepic.com

Tomado de (dcsmodule, 2023).

Figura 23
TL-WPA7517. Kit de Wi-Fi AV1000 Gigabit Powerline ac.



TL-WPA7517 KIT
Kit de Wi-Fi AV1000 Gigabit Powerline ac

- Cumple con el estándar Homeplug AV2; proporciona a los usuarios tasas de transferencia de datos estables y de alta velocidad de hasta 1000 Mbps en una longitud de línea de hasta 300 metros
- Wi-Fi 802.11ac de doble banda: el Wi-Fi de doble banda AC750 (433 Mbps a 5 GHz y 300 Mbps a 2.4 GHz) permite la transmisión, los juegos, el envío de correos electrónicos, la navegación y la publicación en sus dispositivos inalámbricos en toda su casa
- Sincronización automática de Wi-Fi: simplemente copie la configuración de Wi-Fi de su enrutador y aplique los cambios en la red eléctrica segura con Wi-Fi Clone y Wi-Fi Move
- Puerto Gigabit Ethernet: proporciona conexiones por cable confiables de alta velocidad para consolas de juegos, televisores inteligentes y NAS
- Plug, Pair and Play: configure rápidamente una red Powerline segura

Tomado de (tp-link.com, 2023).

4.2 Implementación de la red LAN PLC en la escuela piloto “Escuela Básica De Educación General Luz De América”

4.2.1 Tabla de especificaciones técnicas del modelo escogido de la marca TP-LINK TL-WPA7517 para la implementación en la escuela piloto.

Tabla 7

Tabla de especificaciones técnicas.

Velocidades de Transmisión	Powerline: Hasta 1000 Mbps - Ethernet: 10/100/1000 Mbps
Estándares y Protocolos	HomePlug AV2, HomePlug AV, IEEE 1901, IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE 802.11b/g/n (2.4GHz), IEEE 802.11a/n/ac (5GHz)
Compatibilidad	Compatible con todos los adaptadores powerline estándar HomePlug AV y AV2
Tipo de Enchufe	EU
Interface	TL-WPA7517: 1 puerto Ethernet TL-PA7017: 1 puerto Ethernet
Botón	Pair, Reset, Wi-Fi Clone, LED On/Off
Consumo de Energía	TL-WPA7517: Máximo: 11 W, típico: 6,5 W TL-PA7017: Máximo: 2,9 W, típico: 2,6 W
Indicador LED	Power, Powerline, Ethernet, Wi-Fi (2.4GHz), Wi-Fi (5GHz)
Dimensiones (W X D X H)	TL-WPA7517: 2.7 x 1.4 x 4.9 in. (69.5 x 35 x 124.1 mm) TL-PA7017: 2.0 x 1.1 x 2.6 in. (52 x 28.5 x 65 mm)
Rango	Hasta 300 metros / 1000 pies sobre el cableado eléctrico existente
Mesh Technology	EasyMesh-Compatible
Modulation Technology	OFDM (PLC)
Cifrado	Powerline: cifrado AES de 128 bits
Certificación	CE, RoHS
Ambiente	Temperatura de funcionamiento: 0 ° C ~ 40 ° C (32 ° F ~ 104 ° F) Humedad de funcionamiento: 10% ~ 90% sin condensación

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

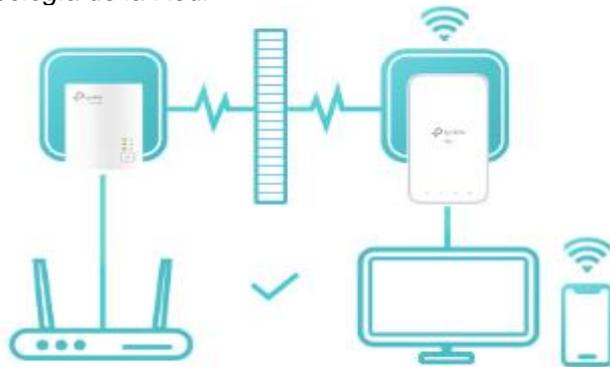
- Cumple con el estándar AV2: proporciona a los usuarios tasas de transferencia
- Red de datos estables y de alta velocidad de hasta 1000 Mbps en una longitud de línea de hasta 300 metros
- TL-WPA7517 KIT transforma el circuito eléctrico existente en una red Gigabit y lleva la red a cualquier lugar donde haya una toma de corriente
- Alta velocidad, transmisiones de datos de hasta 1000 Mbps * mediante del cableado eléctrico, dentro de rangos de hasta 300 metros.
- Con la tecnología Wi-Fi 802.11ac, el TL-WPA7517 opera una red Wi-Fi de doble banda (300 Mbps simultáneos en 2.4 GHz y 433 Mbps en 5 GHz) con más ancho de banda y menos interferencia, lo que maximiza el rendimiento de la red eléctrica.

4.3 Estructura Topológica.

4.3.1 Topología de la red LAN PLC.

Figura 24

Topología de la Red.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

4.4 Conexiones de la red LAN PLC en la escuela piloto en el sector rural de Palestina provincia del Guayas.

Figura 25

Evidencia de conexión.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Se conectan los dispositivos en los puntos de corrientes escogidos para esta prueba, en una aula de clase de un extremo al otro, ya conectado el dispositivo se comunican por la red eléctrica, se presiona un botón que se encuentra en el emisor y en automático se conecta al receptor que es el terminal o repetidor, ya acoplado el dispositivo en el siguiente punto se procede a configurar la puerta de enlace que es el dispositivo que proporciona la conexión a internet, así configurar el direccionamiento y asignar políticas de seguridad dentro de la red LAN.

4.5 Equipos utilizados para la prueba piloto.

Figura 26

Evidencia uso de equipos.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

- 2 equipos PLC TP LINK Emisor (Gateway) y Receptor (Terminal)
- 1 Router GSM NETIS
- 1 switch de 4 puertos ENCORE
- 3 Patch Cord CAT 6
- 2 portátiles
- 1 dispositivos celulares

4.6 Comunicación WAN como enlace hacia el internet.

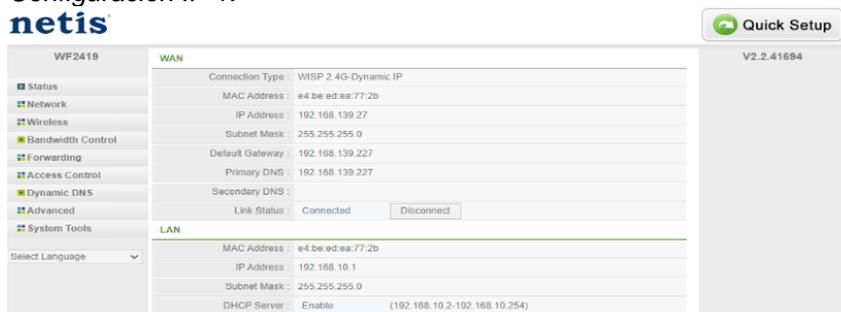
En la prueba piloto que simula nuestra red LAN PLC, hemos focalizado la comunicación WAN como el enlace primario hacia Internet. Para lograr esto, hemos utilizado una red GSM 4G LTE, aprovechando el dispositivo incorporado en el router diseñado para esta finalidad específica. Todo dispositivo que busca acceder a Internet debe establecer una línea de comunicación eficiente, y en este caso, hemos simulado un enlace de última milla GSM.

En este proceso de simulación, el enlace GSM 4G LTE sirve como el medio a través del cual la red de la escuela piloto se conecta y accede a Internet. Este enlace proporciona una conexión estable y rápida, crucial para asegurar una experiencia de navegación fluida y eficiente para todos los dispositivos conectados en la red.

La conexión se completa al dirigir el enlace hacia el dispositivo Power Line a través de su puerto Gigabit Ethernet. Este enfoque estratégico asegura que el dispositivo Power Line, un componente clave en la red PLC, tenga acceso directo a Internet, permitiendo así que todos los dispositivos conectados a través de la red local se beneficien de una conectividad confiable y de alta velocidad. En resumen, este proceso garantiza un acceso eficaz y seguro a Internet para la escuela piloto, utilizando una infraestructura robusta y aprovechando la tecnología GSM 4G LTE para mejorar la conectividad en la última milla.

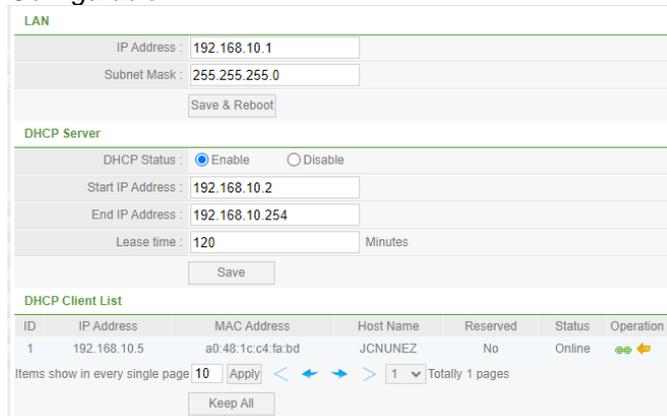
4.7 Configuración router GSM

Figura 27
Configuración IP 1.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Figura 28
Configuración IP 2.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Dentro del Router se configura la asignación de IP mediante el protocolo DHCP, en este caso se asigna una IP clase C, con asignación de 254 Host permitidos en la red como parte de esta prueba, es una clase de IP privada, con Mascara sub red 255.255.255.0, asignando que comience desde la IP 192.168.10.2 hasta la dirección IP 192.168.10.254. Se otorga un (Lease time) que esto se refiere al período el tiempo de la dirección IP que se asignó dinámico, una vez transcurrido este tiempo, al usuario se le asignará automáticamente una nueva dirección IP o se le renovará la concesión.

Figura 29
Configuración Ancho de Banda.

Configuración del control de ancho de banda

Estado:	<input checked="" type="radio"/> Activar	<input type="radio"/> Desactivar
Regla:	Enlace ascendente	<input type="text" value="35"/> (Mbps) (0 significa sin limitaciones.)
	Enlace descendente	<input type="text" value="3"/> (Mbps) (0 significa sin limitaciones.)

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Se procedió a la configuración del ancho de banda de manera específica, definiendo parámetros clave para optimizar el rendimiento de la red. En este contexto, se asignaron valores específicos para el Uplink y el Downlink, dos aspectos fundamentales en la gestión de la conectividad. El ancho de banda del Uplink fue configurado con una capacidad de 35 Mbps, proporcionando una velocidad considerable para la transmisión de datos desde los dispositivos locales hacia la red. Por otro lado, el Downlink se estableció en 3 Mbps, asegurando una velocidad adecuada para la recepción eficiente de datos desde la red hacia los dispositivos conectados. Esta configuración precisa busca garantizar un equilibrio óptimo entre la capacidad de carga ascendente y descendente, permitiendo un flujo de datos fluido y una experiencia de red eficiente para los usuarios.

4.8 Configuración del Firewall y políticas de seguridad en conexión

Figura 30

Configuración del Firewall.

IP Filtering

Status : Enable Disable

Filtering Rule : Deny the network access for the devices(IP address) not listed below.
 Permit the network access for the devices(IP address) not listed below.

Save

IP Filtering Rule Settings

Description :

Rule : Permit

Source Host : All the hosts

Destination Host : All the hosts

Protocol : ALL

Port : -

Day : Sun Mon Tue Wed Thu Fri Sat Everyday

Time : 00:00 - 00:00 All Day

Add

IP Filtering List

ID	Description	Rule	Source IP	Destination IP	Protocol	Port	Day	Time	Modify
1	NO_CONEXION_REMOTA	Deny	192.168.10.4 /192.168.10.254	ALL	TCP	22-23	ALL	ALL	

Items show in every single page Apply < << >> > 1 Totally 1 pages

Delete All

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

En el marco de la configuración de seguridad en la red local, se llevaron a cabo medidas específicas mediante la asignación de reglas en el Firewall. Con el objetivo de salvaguardar la integridad del sistema, se implementó una política que restringe conexiones remotas, detallando de manera precisa los segmentos y rangos de los hosts que no deberían tener acceso remoto. Esta estrategia se orienta a fortalecer la defensa del sistema contra posibles amenazas externas. Específicamente, se bloquearon las conexiones remotas a través de los puertos 22 SSH y 23 Telnet, protocolos comúnmente utilizados para acceder de forma remota a sistemas. Al establecer esta limitación, se reduce significativamente la superficie de ataque, mitigando potenciales riesgos de seguridad y asegurando un entorno de red más resistente ante posibles intrusiones no autorizadas. Este enfoque proactivo en la configuración del Firewall contribuye de manera significativa a la protección integral de la red local, garantizando un nivel más elevado de seguridad en la comunicación y el intercambio de datos.

Figura 31

Estado del Router.

Estado del enrutador				
Tiempo de actividad :	0Días 3Horas 5Minutos 18Segundos			
Uso del procesador :	4.4%			
Uso de memoria :	11%			
Estadísticas de tráfico				
Tipo	Paquetes enviados	Paquetes recibidos	Datos enviados (KBytes)	Datos recibidos (KBytes)
LAN	101198	89177	52355	23241
WAN	81096	109196	23454	57010
WLAN	87087	248740	25028	92617
<input type="button" value="Actualizar"/>				

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

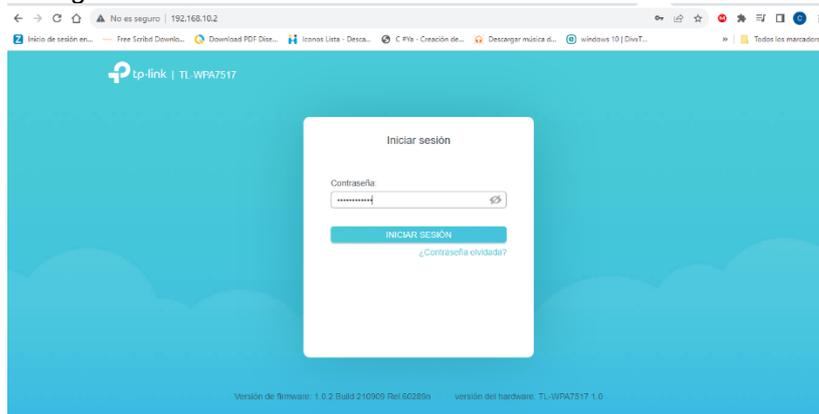
Revisión del estado del enrutador y visualizar el tráfico que está en la red.

4.9 Configuración del equipo TP-LINK PLC

En el proceso de configuración del equipo TP-LINK Power Line modelo:TL-WPA7517, se lleva a cabo una fase crucial mediante el acceso a la interfaz de administración desde un navegador web. Este paso inicial implica la introducción de datos específicos para establecer una conexión directa con el dispositivo PLC. Para iniciar esta configuración, es necesario ingresar la dirección IP asignada al dispositivo, que en este caso particular fue establecida por el router y corresponde a la **192.168.10.2**. Esta dirección IP se convierte en el vínculo clave para acceder a la plataforma de configuración desde el navegador.

Es importante destacar que, por razones de seguridad, el dispositivo PLC por defecto solicita la introducción de una contraseña. Este requisito fortalece las medidas de seguridad y garantiza que solo usuarios autorizados tengan acceso a la administración del dispositivo. La imposición de una contraseña contribuye a proteger la integridad de la configuración y evita posibles intrusiones no autorizadas, asegurando así un control adecuado sobre el equipo TP-LINK PLC. Este enfoque proactivo hacia la seguridad resalta la importancia de salvaguardar la configuración del dispositivo y, por ende, la estabilidad y rendimiento de la red en la que está integrado.

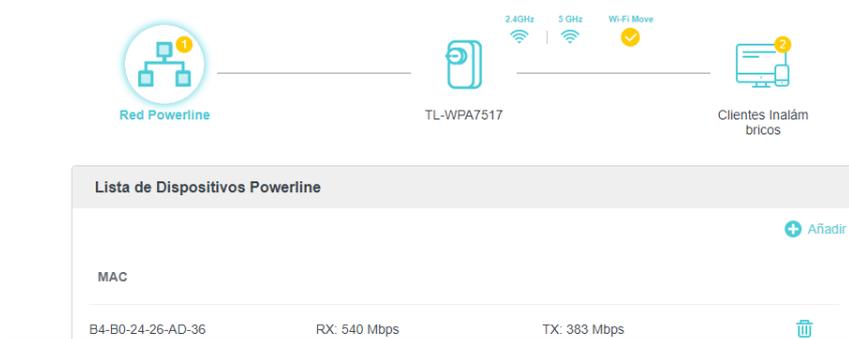
Figura 32
Configuración Router.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Al acceder a la interfaz del PLC, se revela una visión detallada del estado de la red, ofreciendo información esencial sobre la conectividad y el funcionamiento de los dispositivos involucrados. Esta interfaz proporciona una representación visual y clara de la salud de la red, permitiendo una supervisión efectiva de su rendimiento. Además, se presenta de manera específica el acoplamiento del emisor (también conocido como Gateway) y el receptor (Terminal) a la red eléctrica. Esta funcionalidad es crucial para evaluar la integración de ambos dispositivos en el entorno eléctrico, asegurando una conexión robusta y estable entre el emisor y el receptor. La visualización del estado de la red y el acoplamiento eléctrico en la interfaz del PLC facilita un monitoreo preciso y eficiente, proporcionando a los usuarios información valiosa para tomar decisiones informadas sobre la salud y el rendimiento de su infraestructura de red.

Figura 33
Interface PLC.

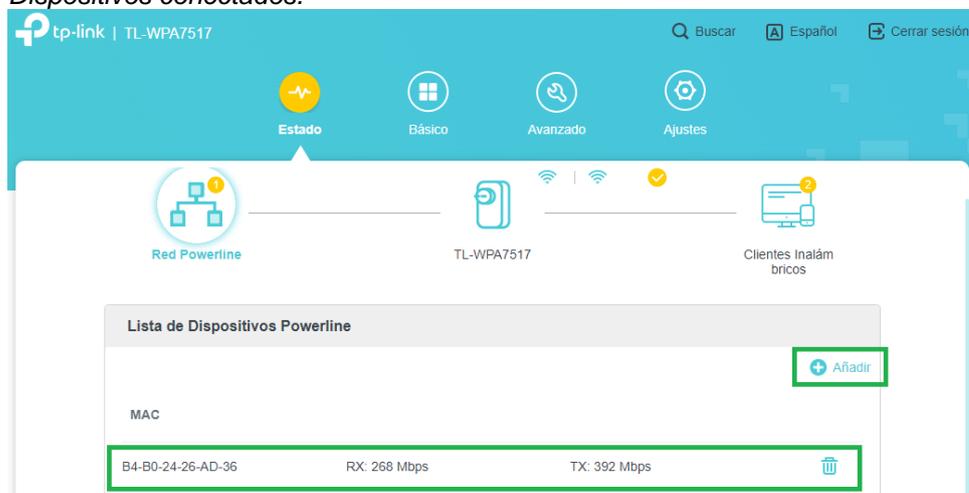


Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Dentro de esta opción, se despliega una interfaz detallada que ofrece una panorámica completa de los dispositivos actualmente conectados al sistema. Esta visualización detallada incluye información específica sobre cada dispositivo, como direcciones MAC, niveles de señal y estadísticas de transmisión. Además, la interfaz proporciona herramientas intuitivas para la configuración y gestión eficiente de dispositivos adicionales a través de la red de distribución eléctrica.

Cuando se exploran las opciones de configuración, se abre la posibilidad de agregar o añadir más dispositivos a la red PLC existente. Esta funcionalidad no solo simplifica el proceso de expansión de la red, sino que también ofrece una supervisión en tiempo real de la conectividad de los dispositivos recién agregados o adoptado. Esta visión detallada contribuye a un despliegue más eficiente y garantiza que los nuevos dispositivos se integren sin problemas, manteniendo la coherencia y estabilidad del conjunto de la red de distribución eléctrica.

Figura 34
Dispositivos conectados.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

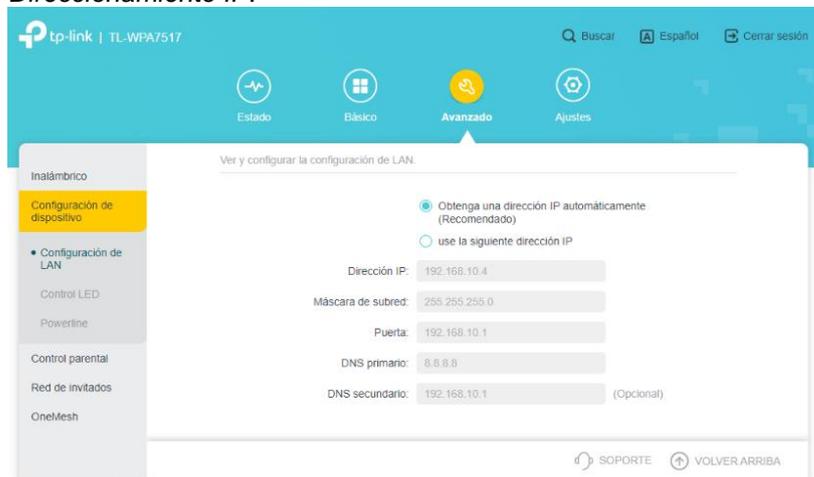
4.10 Direccionamiento de la red LAN PLC

En el proceso de configuración de la red local (LAN) en el contexto del sistema PLC, se aconseja adoptar la configuración recomendada para el direccionamiento IP. Esta recomendación se respalda en la eficacia del router, el cual desempeña un papel central al asignar direcciones mediante el protocolo DHCP. En términos sencillos, esto implica que el router tiene la capacidad de

asignar de manera dinámica las direcciones IP dentro de la red LAN PLC, a los dispositivos de manera automática, eliminando la necesidad de una intervención manual. Esto no solo simplifica el proceso, sino que también asegura una asignación eficiente y flexible de direcciones IP en la red.

Durante las fases, se seleccionó un Router GSM para llevar a cabo estas configuraciones. Este tipo de router no solo administra el direccionamiento IP, sino que también permite la configuración del ancho de banda asignado para toda la red. En otras palabras, el router desempeña un papel clave al garantizar que cada dispositivo PLC reciba la cantidad adecuada de recursos de red, contribuyendo así a un rendimiento equitativo y eficiente en toda la red.

Figura 35
Direccionamiento IP.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

4.11 Configuración de seguridad en el dispositivo PLC TP-LINK

Figura 36
Configuración de Seguridad.



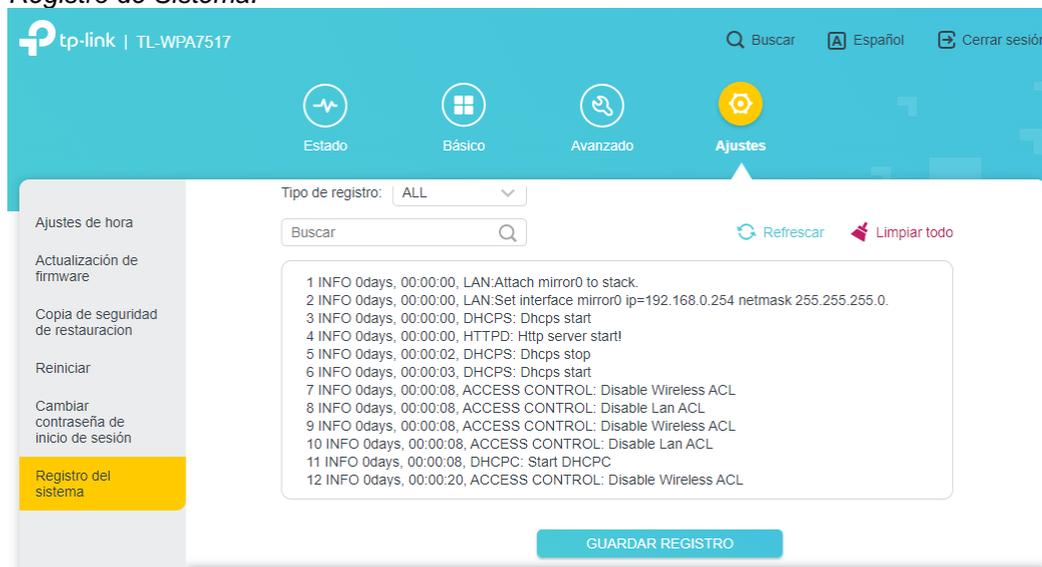
Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

La funcionalidad proporcionada por esta opción es la capacidad de modificar la contraseña de administración del equipo, una práctica esencial en aras de reforzar la seguridad. Con el objetivo prioritario de resguardar la integridad y confidencialidad de la información, se ha establecido la política de cambiar la contraseña de manera regular, siguiendo buenas prácticas de seguridad. Este enfoque proactivo busca mitigar posibles amenazas y garantizar que solo personal autorizado tenga acceso al control y configuración del equipo.

La implementación de cambios periódicos en la contraseña de administración constituye una medida preventiva clave, ya que reduce significativamente el riesgo de accesos no autorizados. Este proceso se integra en una estrategia de seguridad más amplia, contribuyendo a la resistencia y robustez del sistema ante posibles intentos de intrusión. Al proporcionar a los usuarios la capacidad de modificar la contraseña de administración, se fomenta la responsabilidad y la conciencia sobre la importancia de la seguridad cibernética, contribuyendo así a mantener un entorno protegido y confiable.

4.12 Registros del sistema o Log de alertas.

Figura 37
Registro de Sistema.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

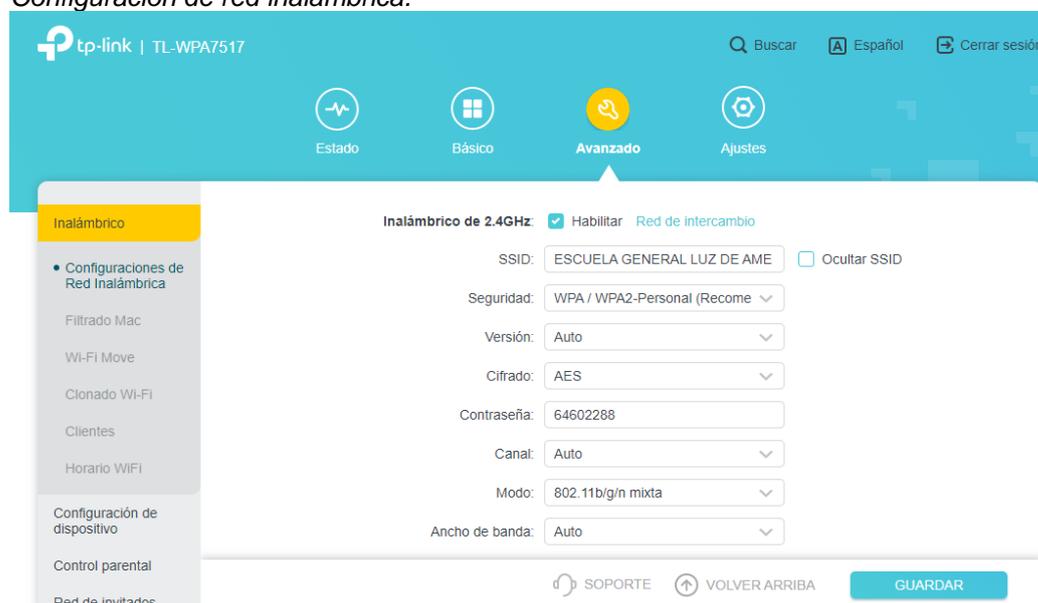
La funcionalidad proporcionada por esta opción brinda la capacidad de revisar los registros de actividad, conocidos como logs, de los equipos. Al acceder a estos registros, los usuarios pueden visualizar detalladamente los eventos

ocurridos en los dispositivos, lo que facilita un exhaustivo monitoreo de su comportamiento dentro de la red eléctrica. La revisión de los logs ofrece una visión retrospectiva y detallada de las actividades pasadas, permitiendo identificar patrones, analizar tendencias y, lo más importante, detectar cualquier anomalía o irregularidad.

Este proceso de monitoreo a través de la revisión de logs es esencial para mantener la integridad y la eficiencia de los dispositivos en la red. Permite a los administradores y usuarios autorizados tener una comprensión profunda de cómo interactúan los equipos en la red, identificando posibles problemas o eventos inesperados. Además, esta funcionalidad no solo sirve como herramienta de diagnóstico, sino que también contribuye a la mejora continua del rendimiento de los dispositivos al proporcionar insights valiosos sobre su funcionamiento en diferentes situaciones.

4.13 Configuración de la red Inalámbrica para pruebas en dispositivos móviles.

Figura 38
Configuración de red inalámbrica.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Este dispositivo ofrece una funcionalidad destacada, la capacidad de establecer transmisiones de red inalámbrica. Esta característica nos brinda la oportunidad de implementar la configuración de una red inalámbrica personalizada. Al

acceder a las opciones de configuración, se puede especificar el SSID (Service Set Identifier), que es el nombre de nuestra red inalámbrica. En este caso, hemos designado el nombre "ESCUELA GENERAL LUZ DE AMÉRICA". Para garantizar la seguridad de la red, se ha seleccionado el protocolo WPA/WPA2, una combinación de dos estándares de seguridad que emplean claves de seguridad para proteger la comunicación inalámbrica.

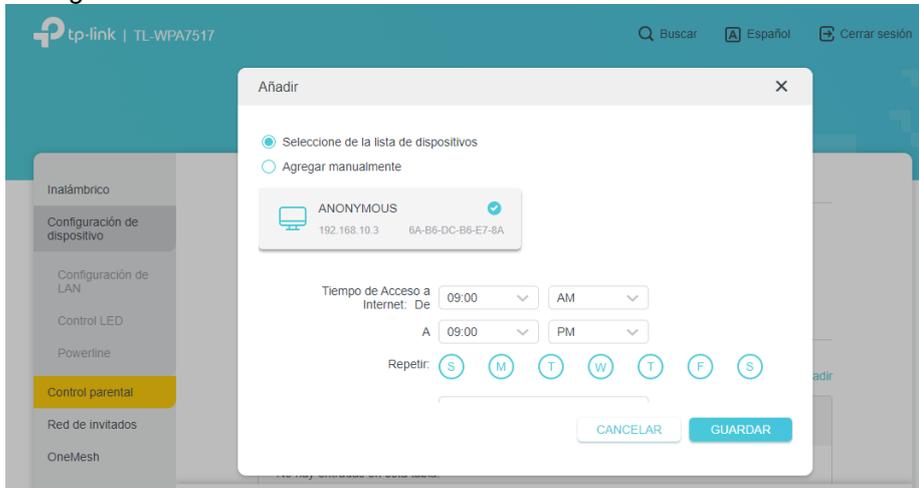
La elección de utilizar tanto WPA como WPA2 proporciona una capa adicional de seguridad. Ambos estándares permiten la implementación de claves de seguridad, ya sea mediante el uso de una clave precompartida (PSK) o Pre-Shared Key. Es importante destacar que WPA2 utiliza un algoritmo de cifrado más robusto llamado AES (Advanced Encryption Standard), ofreciendo una mayor seguridad en comparación con WPA.

Dentro de la configuración, se establece una contraseña específica para garantizar el acceso seguro a la red inalámbrica. Otros ajustes clave incluyen la elección de dejar el canal en automático, lo que permite que el dispositivo seleccione automáticamente el canal con menos interferencias. El modo seleccionado es 802.11 b/g/n, lo que garantiza la compatibilidad con diversos dispositivos, y el ancho de banda se ha configurado en automático para optimizar la eficiencia de la red.

Estos ajustes personalizados tienen como objetivo la creación de una red inalámbrica dentro de la escuela, proporcionando conectividad segura y eficiente para los dispositivos autorizados. Este enfoque estratégico en la configuración inalámbrica contribuye a mantener un entorno de red robusto y adaptado a las necesidades específicas de la institución educativa.

4.14 Seguridad de la red PLC en los dispositivos.

Figura 39
Configuración de Control.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Con el propósito de reforzar la seguridad en la red, se ha implementado la funcionalidad de control parental. Esta opción ofrece un conjunto de herramientas valiosas para administrar y supervisar el uso de Internet, especialmente en entornos donde se busca establecer límites y proteger a los usuarios más jóvenes. Al acceder a esta función, los administradores de la red tienen la capacidad de agregar restricciones temporales al tiempo de acceso a Internet de dispositivos específicos.

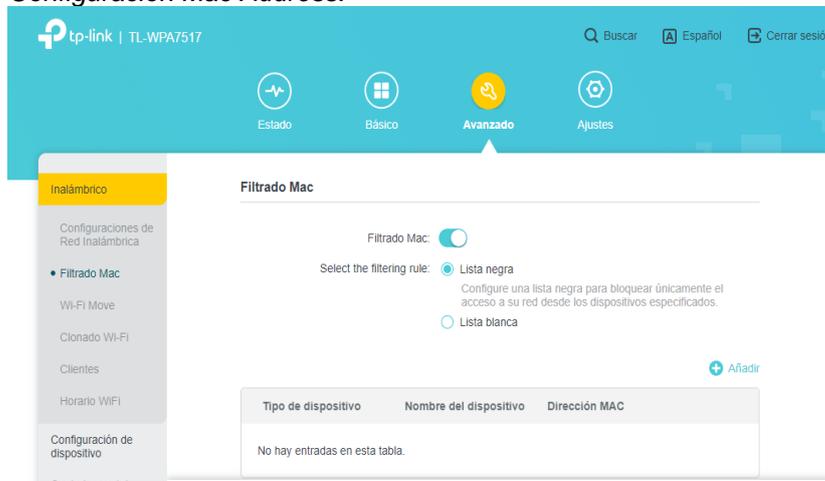
Este control parental permite seleccionar dispositivos individuales y personalizar sus parámetros de conexión. Se pueden establecer con precisión los horarios y días específicos de la semana en los cuales cada dispositivo tiene permitido el acceso a la red. Este nivel de detalle proporciona una gestión flexible y adaptada a las necesidades particulares de cada usuario o dispositivo.

El control parental no solo se limita a restringir el tiempo de conexión, sino que también brinda la capacidad de monitorear de cerca las actividades en línea y promover un uso seguro y responsable de Internet. Esta funcionalidad se convierte en una herramienta clave para padres y administradores de redes que buscan crear un entorno digital seguro y adaptado a las necesidades individuales de los usuarios, particularmente en situaciones donde es esencial controlar y guiar el acceso a Internet.

4.15 Configuración de seguridad por Mac-address.

Figura 40

Configuración Mac Address.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

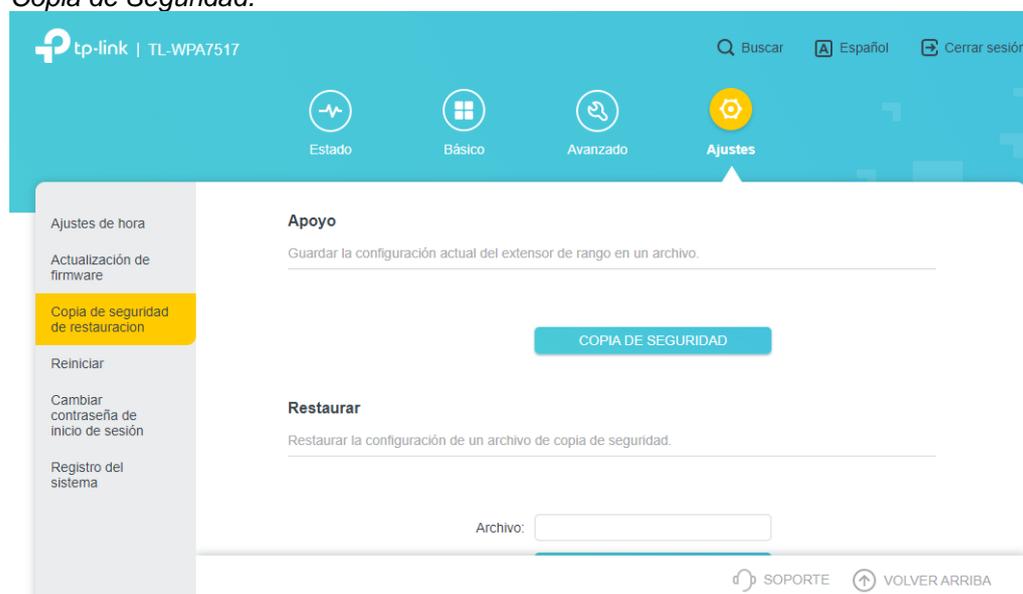
Se ha implementado otro nivel de seguridad mediante el filtrado de direcciones MAC (Media Access Control) para controlar el acceso a la red. Esta medida permite configurar tanto listas negras como listas blancas, ofreciendo un control granular sobre los dispositivos que pueden conectarse a la red. En la lista negra, se pueden agregar dispositivos específicos a los que se les deniega el acceso, mientras que en la lista blanca se establecen los dispositivos permitidos.

El proceso implica asignar un tipo de dispositivo y asignarle un nombre, junto con la dirección MAC única del dispositivo. La dirección MAC es una identificación única asignada a la interfaz de red de un dispositivo para su uso en una red. El término "MAC" proviene de "Media Access Control" (Control de Acceso de Medios), y cada dispositivo conectado a una red tiene su propia dirección MAC. Esta función de filtrado basada en direcciones MAC añade una capa adicional de seguridad, ya que, incluso si un dispositivo tiene conocimiento de la contraseña de la red, no podrá conectarse a menos que su dirección MAC esté autorizada. Esto se traduce en un control más preciso sobre los dispositivos que tienen permitido acceder a la red, reduciendo el riesgo de acceso no autorizado y mejorando la seguridad general del entorno de red.

4.16 Copia de seguridad en dispositivo PLC.

Figura 41

Copia de Seguridad.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

La funcionalidad destacada en esta opción ofrece a los usuarios la capacidad de almacenar la configuración actual del dispositivo PLC en su ordenador. Este proceso tiene una importancia fundamental, ya que brinda una solución preventiva para mitigar problemas potenciales en el equipo. Al guardar la configuración, se crea un archivo que sirve como instantánea de la configuración vigente, proporcionando una copia de respaldo crucial en caso de contratiempos o fallos en el sistema.

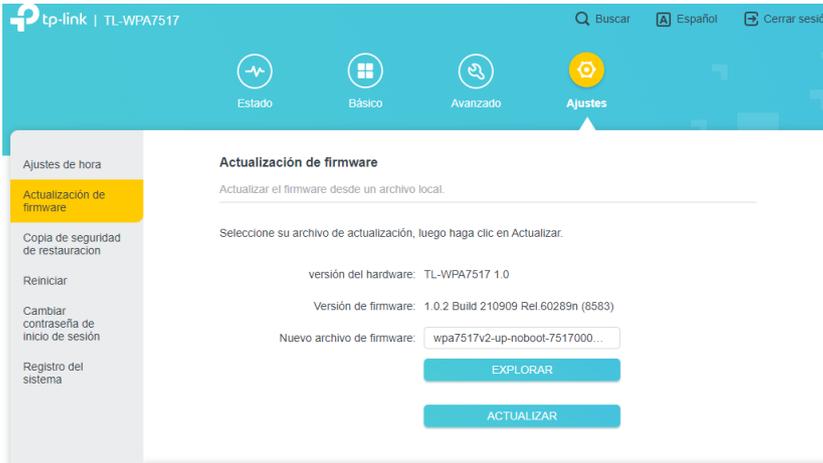
Este archivo de configuración almacenado se convierte en un recurso valioso en situaciones de crisis o interrupciones operativas. Cuando surge algún problema en el equipo, los usuarios pueden recurrir a esta copia de respaldo para restaurar rápidamente las configuraciones previamente guardadas. Este proceso simplifica y acelera el restablecimiento del sistema a un estado funcional conocido, reduciendo el tiempo de inactividad y mejorando la eficiencia en la resolución de problemas.

La capacidad de guardar y restaurar configuraciones no solo asegura la continuidad operativa, sino que también facilita procesos de mantenimiento, actualización o migración de equipos. Además, este enfoque preventivo refleja una práctica recomendada en la gestión de sistemas, donde la planificación para

contingencias y la disponibilidad de copias de seguridad son fundamentales para garantizar la estabilidad y la confiabilidad del entorno tecnológico.

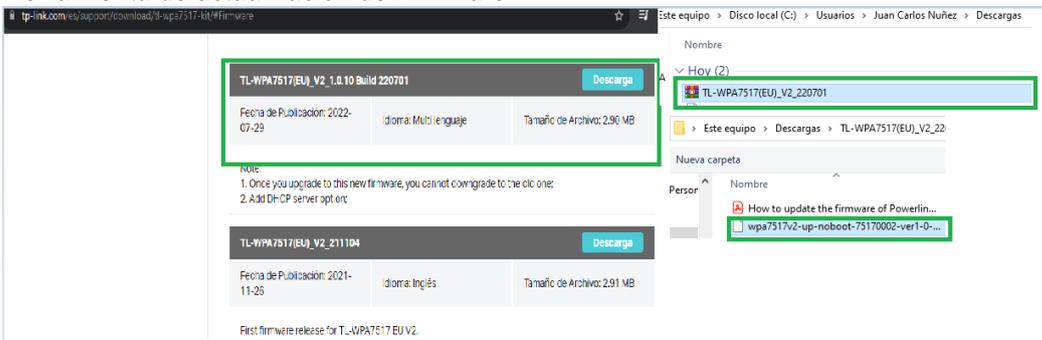
4.17 Actualización Firmware del Dispositivo PLC

Figura 42
Actualización de Firmware



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Figura 43
Herramienta de actualización de Firmware



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

La opción de actualización de firmware del dispositivo PLC ofrece a los usuarios una herramienta esencial para mantener su equipo al día con las últimas mejoras y correcciones proporcionadas por el fabricante. Para iniciar el proceso, se accede a la sección de ajustes y se selecciona la opción de actualización de firmware. En esta interfaz, se tiene la posibilidad de cargar el archivo de tipo bin necesario para la actualización, el cual puede ser descargado desde la página oficial del fabricante.

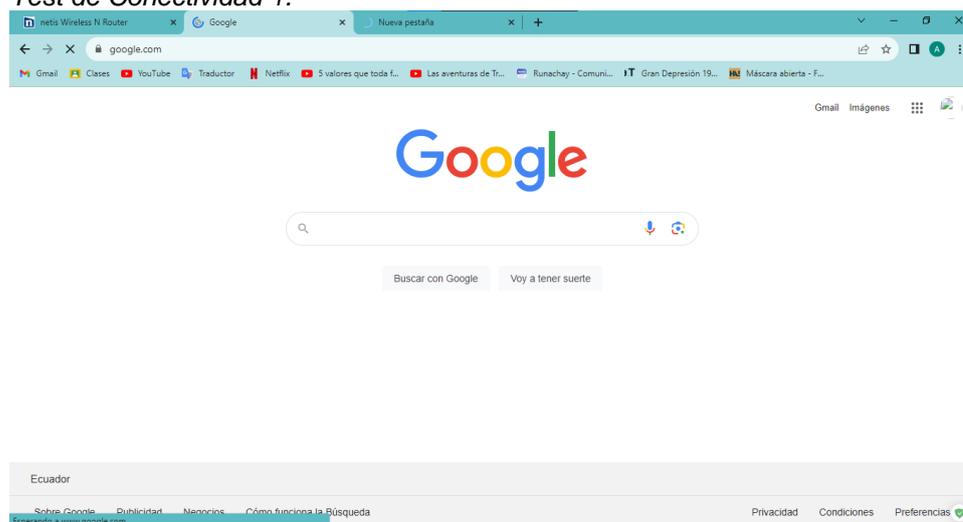
El archivo binario descargado contiene las actualizaciones, parches y mejoras proporcionadas por el fabricante para fortalecer y optimizar el rendimiento del dispositivo PLC. Una vez que el archivo binario ha sido cargado, se inicia el proceso de actualización al presionar el botón correspondiente. En este punto, el sistema solicitará confirmación para proceder con la actualización a la versión cargada. Al seleccionar "sí", el dispositivo PLC se actualiza automáticamente con las últimas mejoras proporcionadas por el fabricante.

Esta capacidad de actualizar el firmware no solo garantiza la incorporación de nuevas características y mejoras de seguridad, sino que también ayuda a corregir posibles vulnerabilidades y errores en versiones anteriores. La práctica regular de mantener el firmware actualizado contribuye a optimizar el rendimiento del dispositivo power line, asegurando una operación estable y confiable a lo largo del tiempo. Este proceso refleja la importancia de seguir las recomendaciones del fabricante para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del equipo PLC en el entorno de red.

4.18 Prueba de conexión de la red a internet dentro de la escuela piloto.

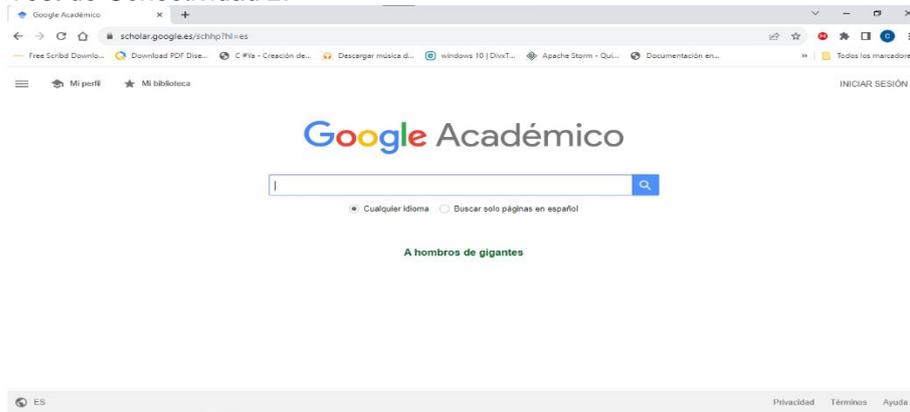
Resultados de búsqueda del dominio www.google.com

Figura 44
Test de Conectividad 1.



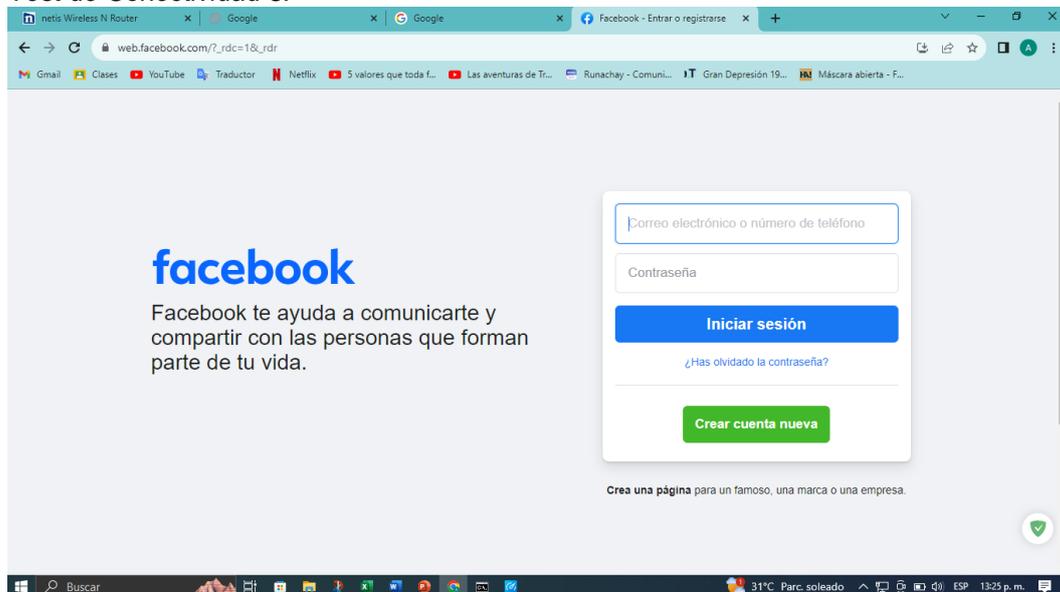
Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Figura 45
Test de Conectividad 2.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Figura 46
Test de Conectividad 3.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

La prueba de conexión de la red a Internet en la escuela piloto arrojó resultados positivos al acceder al dominio www.google.com, Este proceso implica verificar la capacidad de la red para establecer una conexión exitosa con uno de los sitios web más utilizados a nivel mundial. La búsqueda del dominio www.google.com se llevó a cabo para evaluar la conectividad y la velocidad de respuesta de la red en un entorno de uso común.

Los resultados obtenidos indican que la red de la escuela piloto ha logrado establecer una conexión efectiva con el servidor de Google. Este éxito en la

conexión sugiere que la infraestructura de red está operando de manera eficiente y que los dispositivos dentro de la escuela pueden acceder a recursos en línea de manera fluida. Además, se puede interpretar que la latencia y el rendimiento de la red son adecuados para el acceso a sitios web populares.

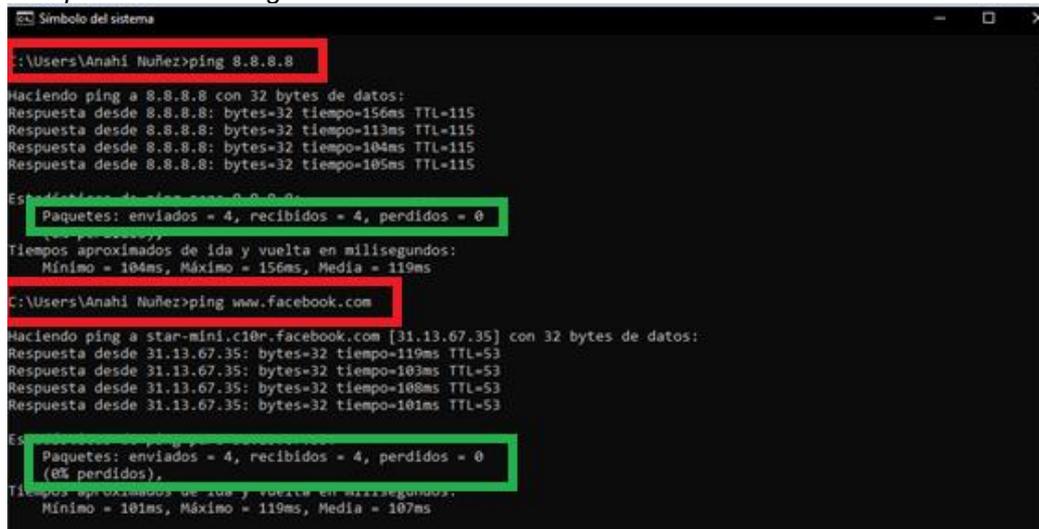
Este tipo de prueba es fundamental para asegurar un acceso confiable y constante a recursos en línea, especialmente en un entorno educativo. La capacidad de conectarse con éxito a www.google.com es un indicador positivo de la funcionalidad de la red en la escuela piloto y respalda la eficacia de la infraestructura de red implementada en este contexto específico.

En esta prueba, se realizó un ping hacia una dirección IP pública ampliamente reconocida, en este caso, la dirección IP de Google, que es **8.8.8.8**. Este tipo de prueba permite medir el tiempo de respuesta y la capacidad de la red para comunicarse con servidores externos en Internet. Los resultados obtenidos al realizar el ping hacia la IP pública de Google proporcionan información valiosa sobre la latencia y la calidad de la conexión de la red en la escuela piloto.

Adicionalmente, se realizó otro ping, en este caso, hacia el dominio de una red social muy utilizada, como Facebook. Esta prueba específica evalúa la conectividad hacia un sitio web que puede tener una carga significativa y proporciona datos sobre la accesibilidad de servicios en línea populares. El ping a un dominio, en lugar de una dirección IP directa, también verifica la resolución de nombres de dominio, lo que es esencial para el correcto funcionamiento de las aplicaciones y servicios que dependen de nombres de dominio.

Los resultados detallados de estas pruebas de ping brindan una visión completa de la salud y el rendimiento de la red, destacando su capacidad para establecer conexiones con servicios clave en Internet. Esta información es esencial para identificar posibles problemas de conectividad y garantizar que la infraestructura de red en la escuela piloto cumpla con los estándares requeridos para un acceso a Internet rápido y confiable.

Figura 47
Comprobación de Ping 1.



```
Símbolo del sistema
C:\Users\Anahí Nuñez>ping 8.8.8.8
Haciendo ping a 8.8.8.8 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=156ms TTL=115
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=113ms TTL=115
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=104ms TTL=115
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=105ms TTL=115
Estadísticas de ping para 8.8.8.8:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 104ms, Máximo = 156ms, Media = 119ms
C:\Users\Anahí Nuñez>ping www.facebook.com
Haciendo ping a star-mini.c10r.facebook.com [31.13.67.35] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 31.13.67.35: bytes=32 tiempo=119ms TTL=53
Respuesta desde 31.13.67.35: bytes=32 tiempo=103ms TTL=53
Respuesta desde 31.13.67.35: bytes=32 tiempo=108ms TTL=53
Respuesta desde 31.13.67.35: bytes=32 tiempo=101ms TTL=53
Estadísticas de ping para www.facebook.com:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 101ms, Máximo = 119ms, Media = 107ms
```

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

4.19 Pruebas de conectividad en las direcciones internas de red LAN PLC.

Se llevaron a cabo pruebas de conectividad focalizadas en las direcciones internas de la red local (LAN) del sistema PLC. En este proceso, se verificó la capacidad de realizar pings dentro de la red, evaluando la comunicación entre diferentes dispositivos. En particular, se estableció una conexión de prueba entre la PC1 con dirección **IP 192.168.10.4** y la PC2 con dirección **IP 192.168.10.5**, así como con el router cuya dirección **IP es 192.168.10.1**.

El objetivo de estas pruebas es asegurar que los dispositivos dentro de la red PLC puedan comunicarse eficientemente entre sí. El ping se utiliza como una herramienta para evaluar la latencia y la calidad de la conexión interna. La comunicación exitosa entre PC1, PC2 y el router demuestra que los dispositivos pueden intercambiar datos de manera efectiva dentro de la red local.

Estas pruebas son fundamentales para garantizar la cohesión y el rendimiento óptimo de la red interna. Un resultado positivo indica que la infraestructura de la red LAN PLC está funcionando correctamente y que los dispositivos pueden intercambiar información de manera eficiente, lo cual es esencial para la operación fluida de aplicaciones y servicios dentro de la red. Además, estas pruebas internas son cruciales para identificar y abordar cualquier problema potencial de conectividad dentro del entorno LAN PLC.

Figura 48

Comprobación de Ping 2.

```
C:\Windows\system32>ping 192.168.10.4

Haciendo ping a 192.168.10.4 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.10.4: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.10.4:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Figura 49

Comprobación de Ping 3.

Administrador: Símbolo del sistema

```
C:\Windows\system32>ping 192.168.10.1

Haciendo ping a 192.168.10.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.10.1: bytes=32 tiempo=3ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.10.1: bytes=32 tiempo=5ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.10.1: bytes=32 tiempo=7ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.10.1: bytes=32 tiempo=6ms TTL=255

Estadísticas de ping para 192.168.10.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 3ms, Máximo = 7ms, Media = 5ms

C:\Windows\system32>ping 192.168.10.5

Haciendo ping a 192.168.10.5 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.10.5: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.10.5:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

4.20 Herramienta en línea para el testeo de velocidad y conexión a internet

<https://www.speedtest.net/es>

Figura 50
Test de Velocidad.



Fuente: SpeedTest (2023)

Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Como fase conclusiva de las evaluaciones de la red, se llevó a cabo un test de velocidad de conexión a Internet utilizando la plataforma Speed Test. Los resultados obtenidos proporcionan una perspectiva clara sobre el rendimiento de la conexión. En términos de descarga, se registró una velocidad de **35.30 Mbps**, indicando la velocidad a la cual los datos pueden ser transferidos desde Internet hacia el sistema. Este valor es esencial para medir la eficiencia en la recepción de información, descargas de archivos y transmisión de contenido multimedia. En cuanto a la velocidad de subida, se obtuvo un rendimiento de **1.01 Mbps**, representando la velocidad con la cual los datos pueden ser enviados desde el sistema hacia Internet. La velocidad de subida es crucial para actividades como el envío de archivos, la realización de videoconferencias y otras acciones que requieren la transmisión de datos desde el sistema local hacia la red.

Estos resultados del test de velocidad proporcionan una evaluación completa de la capacidad de la conexión a Internet, lo que es crucial para garantizar un rendimiento óptimo de las aplicaciones y servicios en línea. Además, estos valores sirven como referencia para comparar el rendimiento actual con las expectativas y los requisitos de la red, permitiendo identificar posibles áreas de mejora y asegurando una experiencia de usuario óptima en la escuela piloto.

Figura 51

Evidencia de la conexión Red LAN.



Elaborado por: Núñez Villavicencio Juan Carlos (2023)

Evidencia de la conexión Red LAN Mediante PLC dentro de las instalaciones de la escuela piloto.

Recomendaciones para la administración y la correcta seguridad de la red LAN PLC.

Las medidas para la correcta administración de la red LAN PLC, dentro de las instalaciones se debe:

- Utilizar herramientas de monitorización para supervisar el tráfico de la red e identificar cuellos de botella en caso de saturación, especialmente al incrementarse el número de dispositivos en la escuela.
- Cumplir con las correctas prácticas de distribución de direccionamiento IP mediante el DHCP. Es crucial monitorear cuántos dispositivos están conectados a través del visor de 'Clientes conectados'.
- Mantener un registro actualizado de todos los dispositivos; si aumenta el número de usuarios en red, la gestión del ancho de banda se limitará. En tal caso, se debe gestionar más velocidad para evitar conflictos al consultar o realizar transacciones de datos en internet.

- Asegurarse de que los equipos realicen copias de seguridad periódicas de la configuración de los dispositivos de red. Esto resulta indispensable para la recuperación de los equipos Powerline.
- Aplicar periódicamente actualizaciones de software (Firmware) y parches de seguridad en todos los dispositivos y componentes de la red.
- Diseñar la red con escalabilidad en mente para permitir una fácil expansión a medida que crezcan las necesidades de la Escuela.
- Establecer nuevas políticas de control de acceso para limitar quién tiene permisos para conectarse y realizar cambios en la red. Esto ayuda a prevenir problemas y conflictos en la red.
- Revisar las instalaciones eléctricas y los puntos de conexión de los dispositivos terminales PLC. Realizar inspecciones periódicas de todos los componentes de la red eléctrica, incluyendo líneas de transmisión, postes, transformadores, interruptores y otros equipos.
- Verificar la presencia de signos de desgaste, daño físico, corrosión u otros problemas y asegurarse de que los equipos cumplan con las normativas y estándares de seguridad.
- Instalar dispositivos de protección contra sobretensiones en lugares estratégicos para proteger equipos sensibles.
- Mantenerse al tanto de las últimas tecnologías en el campo de la distribución de energía y considerar actualizar equipos según sea necesario para mejorar la eficiencia y la confiabilidad.

Conclusiones.

El objetivo general de este estudio fue realizar una investigación exhaustiva para implementar una red de transmisión de datos con una conexión a internet óptima utilizando la línea de potencia a través de la red eléctrica. Esta iniciativa buscaba contribuir significativamente a la mejora de los avances en la educación y la comunicación en las escuelas rurales de la provincia del Guayas, Ecuador.

Se emprendió un estudio minucioso de la infraestructura eléctrica en las zonas rurales del Guayas, lo que permitió comprender a fondo las condiciones y particularidades de esta red. Este análisis fue fundamental para el desarrollo e implementación exitosa de la red de transmisión de datos mediante la línea de potencia, cumpliendo así con el primer objetivo específico.

La identificación precisa de los puntos de acceso y la evaluación exhaustiva de las condiciones de los dispositivos que serían conectados mediante la red PLC fueron pasos fundamentales en este proyecto. Esta fase proporcionó una base sólida para asegurar la viabilidad y eficacia de la implementación, cumpliendo así con el segundo objetivo específico.

La integración exitosa de los dispositivos PLC en los puntos de acceso se llevó a cabo, incluyendo pruebas rigurosas para verificar la conectividad de datos y evaluar la calidad de la señal en los sectores aplicados. Estas pruebas y ajustes garantizaron un desempeño óptimo de la red, cumpliendo con el tercer objetivo específico.

Los resultados obtenidos de estas pruebas han demostrado la eficiencia y fiabilidad de la red LAN sobre PLC como una solución práctica y viable para mejorar la conectividad a internet en entornos educativos rurales. Esta implementación tiene el potencial de transformar la educación y la comunicación en escuelas rurales de la provincia del Guayas, permitiendo un acceso más amplio y efectivo a recursos educativos en línea y herramientas de comunicación modernas.

En conclusión, este estudio ha demostrado que la implementación de esta red de transmisión de datos mediante la línea de potencia es un paso significativo hacia la mejora de la educación y la comunicación en áreas rurales, ofreciendo

una solución tecnológica innovadora que puede contribuir al desarrollo educativo en estas comunidades.

Recomendaciones.

De la presente investigación y de sus resultados se recomienda lo siguiente:

- Se sugiere establecer un programa continuo de monitoreo y optimización de la red implementada. Esto incluiría la supervisión periódica de la conectividad, el rendimiento de la señal y la gestión del tráfico de datos. Además, se deberían realizar actualizaciones regulares de firmware y software para mantener la red actualizada y garantizar un rendimiento óptimo en todo momento. La recolección y análisis de datos de uso permitirán ajustar la red según las necesidades cambiantes de los usuarios y garantizar su eficiencia a largo plazo.
- Es fundamental desarrollar programas de capacitación dirigidos al personal local, tanto administrativo como técnico, para el mantenimiento básico y la resolución de problemas comunes de la red. Estas capacitaciones deben enfocarse en el manejo de dispositivos PLC, diagnóstico de problemas de conexión y mantenimiento básico de la red. Además, fomentar equipos locales de soporte técnico que puedan atender y resolver incidencias en el funcionamiento de la red de manera rápida y eficiente, reduciendo así la dependencia de soporte externo.
- Considerando el impacto positivo demostrado en la implementación en la institución inicial, se recomienda extender esta red de transmisión de datos a otras instituciones educativas rurales en la región. Se debe realizar un estudio de factibilidad que permita adaptar la experiencia y lecciones aprendidas durante la implementación inicial a las necesidades específicas de otras escuelas. Este proceso de ampliación no solo mejorará la conectividad en más comunidades rurales, sino que también facilitará el intercambio de conocimientos y experiencias entre las instituciones educativas.

Bibliografía

- Abarca, B. P. (Agosto de 2021). Diseño de cimentaciones para torres de transmisión eléctrica tipo AR-750 aplicado en suelos de tipo ML, MH, SM; en el proyecto L/T Cumbaratza – Los Encuentros 230 kv. Repositorio Universidad Internacional SEK. QUITO: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4527/1/TESIS%20Bryan%20Pantoja%20.pdf>
- ARCERNNR. (2022). Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. Atlas del Sector Ecuatoriano 2021: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/04/Atlas2021.pdf>
- ASAMBLEA NACIONAL. (2017). LEY ORGÁNICA DE EDUCACIÓN INTERCULTURAL. Quito: Dirección Nacional de Normativa Jurídico Educativa del Ministerio de Educación.
- 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. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/27228/1/B-CISC-PTG-1465%20Avecilla%20Cevallos%20Mauro%20Vicente.pdf>
- Baquero, J. C. (Enero de 2018). "Análisis técnico y regulatorio de la tecnología PLC a incorporar en el sistema AML de Codensa (operado en Bogotá D.C. y Cundinamarca) ". Repositorio "Universidad de los Andes": <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/38762/u808575.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bekerman, U., & Rondanini, A. (14 de Abril de 2020). El Acceso a Internet Como Garantía Del Derecho a La Educación (Internet Access As a Guarantee of the Right to Education). Diario DPI Suplemento Salud Nro. 58-14.04.2020. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3576719
- Cañón de Antonio, Y. B. (2017). Estudio de la factibilidad tecnica de la implementacion de PLC (Power Line Communication) en la red de

distribucion electrica de Bogotá.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57970>

Carolina, V. G., Geraldine, Z. L., & Vargas, E. F. (Mayo de 2019). Uso del Internet como base para el aprendizaje. Revista Atlante: Cuadernos de Educacion y Desarrollo: <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/05/internet-aprendizaje.html>

Cedeño, J. C. (2018). Propuesta de Implementación de Tecnología PLC para la transmision de datos de internet en zonas rurales para la provincia del Guayas. Repositorio "UNIVERSIDAD TECNOLOGICA EMPRESARIAL DE GUAYAQUIL": <http://181.39.139.68:8080/bitstream/handle/123456789/83/PROPUESTA-DE-IMPLEMENTACION-DE-TECNOLOGIA-PLC-PARA-TRANSMISION-DE-DATOS-DE-INTERNET-EN-ZONAS-RURALES-PARA-LA-PROVINCIA-DEL-GUAYAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CELEC. (2022). CELEC EP TRANSELECTRIC. La Empresa. <https://www.celec.gob.ec/transelectric/>

CENACE. (2020). Informe Anual 2020. 105. <https://www.celec.gob.ec/transelectric/>

Chuquipul, E. (2018). Diseño de una red de comunicaciones aplicando tecnologia Power Line Communication para la I.E. FE Y ALEGRIA No 38, Bagua Grande, Utcubamba-Amazonas, 2018. Repositorio Universidad Politécnica Amazónica: <https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/45/Tesis%20Eyner%20Chuquipul.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Dirección Nacional de Tecnologías de Información y Comunicaciones. (2023). Reduccion de la brecha digital en el Sistema Nacional de Educacion. Ministerio de Educación: https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/02/PROYECTO_INVERSION-DNTE

Espín, R., Jaramillo, B., Montalvo, A., Yupa, C., & Vivas, N. (2022). Las tecnologías Power Line Communications y LiFi como una alternativa de acceso a Internet para las zonas rurales de Ecuador. GEEKS DECC-REPORTS: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/geeks/article/view/2579>

- Guim, J. N., & Llanos, J. S. (2019). Analisis comparativo técnico-económico de tecnologías de acceso para proveer servicios de internet en poblaciones rurales de la costa ecuatoriana. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/47762>
- Hernández R., L. (17 de Mayo de 2022). La importancia de Internet. NOVIS. Estudio legal: <https://novislegal.com/la-importancia-de-internet/>
- Hernández-Arias, Á., Cruz-Carbonell, V., & Silva-Arias, A. (2018). Cobertura de las TIC en la educación básica rural y urbana en Colombia1-2018. Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro, 13(13), 39-48. doi: <https://doi.org/10.22463/24221783.2578>
- HughesNet Ecuador. (28 de Marzo de 2022). Estudio refleja la brecha digital en zonas rurales del país. IT AHORA, La revista del líder de Tecnología: <https://itahora.com/2022/03/28/estudio-refleja-la-brecha-digital-en-zonas-rurales-del-pais/>
- INEC. (2022). Censo de poblacion de Ecuador. Gobierno de Ecuador. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Lara, E., & Flavio, C. (2020). Internet con PLC, posible solución a la falta de cobertura en zonas rurales, caso de estudio la comunidad de Cochasquí. Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8796290>
- Mamani Aracayo, E. J. (2018). Estudio del sistema de gestión de medición de energía eléctrica, basados en la tecnología PLC (Power Line Communication) de clientes mayores en el servicio eléctrico Ananea. Universidad Nacional Del Altiplano: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8386>
- Martín, G. H., Canchola, V. H., & Mayén, J. V. (Junio de 2017). Uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en las residencias médicas en México. Scielo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-72032017000200150
- Méndez, M. (20 de Mayo de 2021). La importancia de Internet para el bienestar social y económico. Consumo TIC: <https://consumotic.mx/telecom/la-importancia-de-internet-para-el-bienestar-social-y-economico/>

- Mendieta, G. N., & Mendieta, R. C. (Abril de 2018). Las TIC y la educación ecuatoriana en tiempos de Internet: Breve Análisis. Revista Multidisciplinaria de Investigación: <file:///C:/Users/User/Downloads/220-645-1-PB.pdf>
- MERNNR. (2021). PLAN MAESTRO DE ELECTRICIDAD. Ministerio de Energía y Recursos Naturales: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/2.-TRANSFORMACION-Y-SITUACION-ACTUAL-DEL-SECTOR-ELECTRICO.pdf>
- Mero M., S. D. (2022). Diseño de una red basada en tecnología FTTH para el acceso a internet destinado al sector de las cabañas del malecón Julio Izurieta ubicado a orillas de la playa de Puerto López-Manabí. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/64284/1/B-CINT-PTG-N.%20884%20Mero%20Mite%20Steven%20Daniel.pdf>
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2022). Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. Ecuador Digital: Sinergia entre educación y tecnología.: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-digital-sinergia-entre-educacion-y-tecnologia/#:~:text=Mediante%20el%20uso%20de%20Internet,herramienta%20de%20alto%20contenido%20social>.
- Molina, L., & Mesa, F. (2019). Las tic en Escuelas Rurales: realidades y proyección para la Integración. Praxis & Saber, 9(21), 75-98. doi: <https://doi.org/10.19053/22160159.v9.n21.2018.8924>
- Ortíz, H. A. (Enero de 2020). DISEÑO DE UNA RED LAN PARA LAS SEDES DE LAVASECO ÉXITO CON SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA. Repositorio "UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA": <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/ab36e4be-6db0-4bdd-97f7-1cfaa169c962/content>
- Pantoja, L. A. (2018). ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE TECNOLOGÍA PLC EN RED ELÉCTRICA COOP. LUIS VARGAS TORRES – GUAYAQUIL. Repositorio "Univeridad Tecnológica Empresarial de Guayaquil": <http://181.39.139.68:8080/bitstream/handle/123456789/128/ANALISIS-DE-FACTIBILIDAD-DE-TECNOLOGIA-PLC-EN-RED-ELECTRICA-EN->

[COOP-LUIS-VARGAS-TORRES-GUAYAQUIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

Pérez, M. A., Vinueza, M. A., Yupangui, H. R., & Parra, A. D. (2019). Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) como forma investigativa interdisciplinaria con un enfoque intercultural para el proceso de formación estudiantil. Scielo, vol.9 n.1.

Reciou, A. (2017). Application of multiple input multiple output power line communication (MIMO-PLC) to power systems. ACTA PHYSICA POLONICA A : <http://przyrbwn.icm.edu.pl/APP/PDF/132/app132z3p025.pdf>

REPÚBLICA DEL ECUADOR ASAMBLEA NACIONAL. (2015). LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES. Quito: Registro Oficial # 439.

Salazar, G. M., & Álvarez, R. G. (2017). Internet como herramienta didáctica en la formación académica en alumnos de nivel medio superior. Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas, Vol. 6, Núm. 11. Telecomunicaciones. (s.f.).

<https://www.celec.gob.ec/transelectric/index.php/produccion-3/telecomunicaciones>

Terán, E. D. (2021). Red de Transmisión de Datos a través de las Redes Eléctricas utilizando tecnología PLC (Power Line Communication). <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34074/1/t1923mtel.pdf>

Vayas, M. (2018). EL SERVICIO DE INTERNET Y SU INCIDENCIA EN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIDAD EDUCATIVA JULIO C. LARREA DE LA PARROQUIA LA MATRIZ DEL CANTÓN QUERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA. Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Licenciado en Ciencias de la Educación . Ambato, Tungurahua, Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.