



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE UNA RED DE DATOS PILOTO PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL
CANTÓN GUALACEO, ECUADOR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero en Telecomunicaciones

AUTORES: JEAN MARLON ROMERO ROMERO
MARLON ARIEL CAMPOVERDE UZHCA

TUTOR: ING. MÓNICA KAREL HUERTA, PhD.

Cuenca – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jean Marlon Romero Romero con documento de identificación N° 0706702701 y Marlon Ariel Campoverde Uzhca con documento de identificación N° 0105607147; manifestamos que:

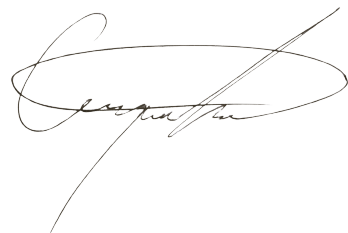
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 22 de julio del 2024

Atentamente,



Jean Marlon Romero Romero
0706702701



Marlon Ariel Campoverde Uzhca
0105607147

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Jean Marlon Romero Romero con documento de identificación N° 0706702701 y Marlon Ariel Campoverde Uzhca con documento de identificación N° 0105607147, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño de una red de datos piloto para instituciones educativas del cantón Gualaceo, Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 22 de julio del 2024

Atentamente,



Jean Marlon Romero Romero
0706702701



Marlon Ariel Campoverde Uzhca
0105607147

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Mónica Karel Huerta con documento de identificación N° 0151450426, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA RED DE DATOS PILOTO PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CANTÓN GUALACEO, ECUADOR, realizado por Jean Marlon Romero Romero con documento de identificación N° 0706702701 y Marlon Ariel Campoverde Uzhca con documento de identificación N° 0105607147, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto técnico con enfoque general que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 22 de julio del 2024

Atentamente,



Ing. Mónica Karel Huerta, PhD.

0151450426

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento de Romero Romero Jean Marlon.

Agradezco de manera especial a mi hermana Ambar y a mis padres, quienes me brindaron un apoyo invaluable durante mis estudios. Su incansable esfuerzo y dedicación hicieron posible que alcanzara esta meta tan importante en mi vida. Asimismo, quiero reconocer y agradecer sinceramente a mi tutora de tesis, PhD. Monica Huerta, cuya guía experta y constante apoyo fueron fundamentales para la realización de este proyecto. Finalmente, extendo mi agradecimiento a mi compañero y amigo Marlon Campoverde, quien me acompañó y ayudó en la elaboración de este proyecto.

Agradecimiento de Campoverde Uzhca Marlon Ariel.

Agradezco a Dios por cuidarme en todo momento y ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Deseo expresar mi gratitud a mis padres por su apoyo incondicional y paciencia, y a mi familia por estar siempre ahí, alentándome a concluir la carrera. Especialmente, agradezco a mi pareja por su infinita paciencia y constante apoyo, gracias por creer en mí incluso en mis momentos de duda, y por estar a mi lado en cada caída. También agradezco profundamente a mi amigo y compañero de tesis, Jean Marlon Romero. Desde que nos conocimos, hemos sido un apoyo mutuo a lo largo de la carrera. Finalmente agradezco a la Dra. Mónica Huerta, cuya guía y carisma fueron esenciales para el desarrollo de esta tesis, extendiendo mi más sincero agradecimiento. Asimismo, al Ing. Fernando Guerrero, por ser una figura clave que me motivó a continuar mis estudios. Sus palabras siempre estarán en lo profundo de mi corazón.

DEDICATORIA

Dedicatoria de Jean Marlon Romero Romero.

A mis padres, Marlon y Silvia, quienes siempre me brindaron los recursos necesarios para una educación académica excelente y una vida plena de felicidad.

Y a todos esos compañeros y amigos con los que compartimos desvelos, malos ratos, y alegrías, quienes fueron una parte fundamental de mi experiencia durante toda mi carrera.

Dedicatoria de Marlon Ariel Campoverde Uzhca.

A mi madre y a mi hermano.

A mi madre, Jhanneth Patricia Uzhca Garcia quien siempre será mi pasado. Aunque te has ido de mi vida, tu amor y apoyo incondicional han sido mi fuerza y mi guía. Fuiste quien siempre cuidó de mí y me alentó a seguir adelante con mis estudios. Si estuvieras aquí, serías la persona más feliz del mundo al ver que he terminado mi carrera. Esta tesis es un homenaje a todo lo que me enseñaste y al amor eterno que siempre nos unirá.

A mi hermano, Nicolas Campoverde quien es mi futuro. No hay día que no piense en ti. Gracias a ti, he encontrado la motivación para seguir adelante y enfrentar los desafíos de la vida. Aprender a cuidarte ha sido una dura pero gratificante lección, siempre estaré aquí para ti. Esto va dedicado para ustedes y para nuestra familia de tres, que algún día fue en el pasado y ahora solo será un dulce recuerdo.

Índice General

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	III
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
0.1. Antecedentes y problema de estudio	XVI
0.2. Justificación del problema	XIX
0.3. Objetivos	XIX
0.3.1. Objetivo General	XIX
0.3.2. Objetivos Específicos	XX
0.4. Beneficiarios	XX

1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Cantón Gualaceo	1
1.1.1. Instituciones educativas del cantón	3
1.2. Analfabetismos y brecha digital	3
1.2.1. Brecha digital	4
1.2.2. Analfabetismo Digital	4
1.3. Tecnologías Inalámbricas	5
1.3.1. Redes inalámbricas	5
1.3.2. Clasificación de las redes inalámbricas	5
1.3.3. WI-FI	8
1.3.4. Redes LAN	11
1.4. Estudio de equipos	13
1.4.1. Routers	13
1.4.2. Access Point	14
1.5. Conectividad	14
1.5.1. Enrutamientos	15
1.5.2. Tecnologías MESH	16
1.5.3. Tecnologías MIMO	17
1.5.4. Topologías	18
2. METODOLOGÍA	22
2.1. Diseño de la metodología aplicada	22
2.1.1. Selección de la institución piloto	23
2.1.2. Gestión de permisos	26
2.2. Selección de Herramientas	27

2.2.1.	Diagnostico de la red de la institución Alfonso Lituma Correa	28
2.2.2.	Áreas de Alta Demanda de Conectividad	33
2.3.	Propuesta de Red	34
2.3.1.	Selección de equipos de red	34
2.3.2.	Distribución física de equipos de red	42
2.3.3.	Alcance y cobertura de la red	48
2.3.4.	Parámetros de configuración de equipos	50
3.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	52
3.1.	Simulación del diseño de la red mediante Cisco Packet Tracer	52
3.2.	Optimización de la Cobertura de Red mediante Ekahau	56
3.3.	Red propuesta vs red actual.	60
3.4.	Costos de implementación	61
3.4.1.	Costo de infraestructura, dispositivos y equipos	61
3.4.2.	Costo del personal especializado	63
3.4.3.	Costo total	64
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
	GLOSARIO	68
	REFERENCIAS	69
	APÉNDICES	73
	APÉNDICE A: SOLICITUDES Y PERMISOS	73

Índice de Figuras

1.1. Mapa de parroquias de Gualaceo	2
1.2. Clasificación tecnologías inalámbricas.	7
1.3. Red LAN.	11
1.4. Router.	13
1.5. Punto de Acceso.	14
1.6. Esquema de tecnología Mesh.	17
1.7. Topología Bus	18
1.8. Topología Anillo	19
1.9. Topología Malla	19
1.10. Topología Árbol	20
1.11. Topología Estrella	20
1.12. Topología Celular	21
2.1. Diseño de la metodología aplicada	23
2.2. Vista área de la institución Alfonso Lituma Correa usando Google Earth	23
2.3. Diagrama de la distribución de los 5 edificios de la institución, vista aérea	24
2.4. Diagrama de las canchas deportivas de la institución elegida	24
2.5. Diagrama planta baja	25
2.6. Diagrama primer piso	25

2.7. Diagrama segundo piso	25
2.8. Áreas administrativas y áreas comunes	26
2.9. Router EX141.	28
2.10. Diagrama planta baja actual simulado	29
2.11. Diagrama primer piso actual simulado	30
2.12. Diagrama segundo piso actual simulado	30
2.13. Areas de alta demanda	33
2.14. TP-Link EAP660 HD.	34
2.15. TP Link EAP610.	35
2.16. MikroTik CCR1009-7G-1C-1S+.	36
2.17. Switch TL-SG2428P.	37
2.18. Rack de 12U.	38
2.19. TL-SG3210XHP-M2.	39
2.20. CyberPower CP1500AVRLCD3.	39
2.21. APC Back-UPS 600VA (BE600M1).	40
2.22. Cuarto de máquinas	42
2.23. Canaletas para el cableado de la planta baja.	44
2.24. Canaletas para el cableado de la primer piso.	44
2.25. Canaletas para el cableado del segundo piso.	44
2.26. Longitud del cableado de la planta baja	45
2.27. Longitud del cableado del primer piso	46
2.28. Longitud del cableado del segundo piso	46
2.29. Longitud del cableado del segundo piso con segmento intermedio	47
2.30. Vista aérea de la distribución de los equipos	47

2.31. Distribución de los equipos	48
2.32. Cobertura propuesta de la planta baja	49
2.33. Cobertura propuesta del primer piso	49
2.34. Cobertura propuesta del segundo piso	49
3.1. Distribución de los equipos a simular	52
3.2. Configuración de SSID	53
3.3. Asignación de IPs	53
3.4. Configuración de Port-Channel	54
3.5. Transmisión de paquetes a través de la red	55
3.6. Cobertura de la red actual.	56
3.7. Cobertura de la red propuesta.	56
3.8. Cobertura de la red actual.	57
3.9. Cobertura de la red propuesta.	57
4.1. Solicitud de ingreso a la institución educativa.	73
4.2. Respuesta de parte del Ministerio de Educación.	74
4.3. Respuesta de parte del Ministerio de Educación.	75

Índice de Tablas

1.1. Distribución de la Población por Área.	2
1.2. Unidades Educativas en Gualaceo.	3
1.3. Tecnologías de Redes Inalámbricas	6
1.4. Comparación de LAN, MAN y WAN	12
1.5. Comparación entre RIP, OSPF y EIGRP.	16
2.1. Símbolos y Significados	26
2.2. Comparación de GNS3 y Cisco Packet Tracer	27
2.3. Características del Router TP-Link EX141	29
2.4. Niveles de Intensidad de Señal Wi-Fi con Símbolos	31
2.5. Características del TP-Link EAP660 HD	35
2.6. Características del TP Link EAP610	36
2.7. Especificaciones del CCR1009-7G-1C-1S+	37
2.8. Especificaciones Switch TL-SG2428P	38
2.9. Glosario de simbolos de 2.23, 2.24, 2.7	45
2.10. Significado de las Variables los Equipos propuestos	48
3.1. Comparación entre la Red Actual y la Red Propuesta	60
3.2. Comparación de Cobertura de Red entre la Red Actual y la Red Propuesta	61

3.3. Cableado	62
3.4. Equipos y Costos	62
3.5. Costo del personal especializado	63
3.6. Total de costos	64

RESUMEN

En la era digital actual, la conectividad en las instituciones educativas es fundamental para proporcionar a los estudiantes acceso a información y recursos en línea, mejorando así la calidad de la educación, especialmente en áreas rurales como Gualaceo, Ecuador. Muchas instituciones educativas en esta región enfrentan problemas significativos debido a la falta de acceso a internet, afectando negativamente a los estudiantes. Este proyecto tiene como objetivo diseñar una red de datos inalámbrica piloto para mejorar la conectividad en la Unidad Educativa Alfonso Lituma Correa en Gualaceo, Ecuador. El diagnóstico inicial reveló que la infraestructura de red existente es deficiente en velocidad, confiabilidad, seguridad y capacidad de escalabilidad. Se utilizó una metodología que incluye la investigación sobre tecnologías de redes inalámbricas, diagnóstico de la infraestructura actual, diseño de la red, y simulaciones con herramientas como Ekahau y Cisco Packet Tracer para evaluar el desempeño y optimizar la ubicación de los routers. Los resultados mostraron que la reubicación estratégica de los dispositivos mejoró significativamente la potencia de la señal y la cobertura. Las simulaciones indicaron que las condiciones de propagación de la señal y los parámetros de los enlaces eran adecuados para una comunicación confiable y eficiente. Este diseño piloto puede ser implementado en otras instituciones educativas del cantón, promoviendo la inclusión digital y proporcionando a los estudiantes las herramientas necesarias para una educación moderna y completa, contribuyendo así a cerrar la brecha digital en la comunidad. Los resultados del análisis comparativo entre la red de la institución piloto y la red propuesta mostró mejoras significativas. En la planta baja, la buena señal aumenta del 63.3 % al 76.5 %, y las zonas con mala cobertura se reducen del 26.4 % al 14.2 %. En el primer piso, la buena señal sube del 52.5 % al 83.5 %, reduciendo las áreas débiles del 16.6 % al 10.4 %. En el segundo piso, la cobertura buena mejora del 29.3 % al 74.7 %, disminuyendo las zonas con mala señal del 33.5 % al 18.1 %.

Palabras clave: Diseño; Conectividad; Redes; Infraestructura; Cobertura; Optimización

Abstract

In today's digital age, connectivity in educational institutions is crucial for providing students with access to online information and resources, thereby enhancing the quality of education, especially in rural areas such as Gualaceo, Ecuador. Many educational institutions in this region face significant challenges due to the lack of internet access, negatively affecting students. This project aims to design a pilot wireless data network to improve connectivity at Unidad Educativa Alfonso Lituma Correa in Gualaceo, Ecuador. The initial diagnosis revealed that the existing network infrastructure is deficient in speed, reliability, security, and scalability. A methodology was employed that includes research on wireless networking technologies, diagnosis of the current infrastructure, network design, and simulations using tools like Ekahau and Cisco Packet Tracer to assess performance and optimize the placement of routers. The results showed that the strategic relocation of devices significantly improved signal strength and coverage. The simulations indicated that signal propagation conditions and link parameters were adequate for reliable and efficient communication. This pilot design can be implemented in other educational institutions in the canton, promoting digital inclusion and providing students with the necessary tools for a modern and comprehensive education, thus helping to bridge the digital divide in the community. The results of the comparative analysis between the pilot institution's network and the proposed network showed significant improvements. On the ground floor, good signal increases from 63.3 % to 76.5 %, and areas with poor coverage are reduced from 26.4 % to 14.2 %. On the first floor, good signal rises from 52.5 % to 83.5 %, reducing weak areas from 16.6 % to 10.4 %. On the second floor, good coverage improves from 29.3 % to 74.7 %, decreasing areas with poor signal from 33.5 % to 18.1 %.

Keywords: Design; Connectivity; Networks; Infrastructure; Coverage; Optimization.

INTRODUCCIÓN

0.1. Antecedentes y problema de estudio

Los progresos tecnológicos y digitales han generado un notable incremento en los ámbitos económico, educativo y social. Estos avances han permitido a las personas expandir sus oportunidades tanto en el ámbito laboral como en el educativo. Desde 2014, se ha evidenciado un marcado aumento en la utilización de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), las cuales engloban la telefonía móvil e Internet [1].

Es importante resaltar que el analfabetismo digital en áreas rurales constituye un desafío tan relevante como el analfabetismo convencional. Esto quedó particularmente patente durante la pandemia del COVID-19, período en el cual la mayoría de los países se vieron obligados a cerrar temporalmente sus negocios e instituciones educativas [2], y el dominio de competencias tecnológicas básicas se convirtió en un requisito esencial para la educación. Lamentablemente, no todas las personas, ya sean estudiantes o padres de familia, contaban con acceso a dichas competencias. La pandemia enseñó que el acceso a Internet y la competencia digital son aspectos fundamentales para la educación.

En el contexto del Ecuador, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) [3] define como analfabetas digitales a personas de entre 15 y 49 años que cumplan con las siguientes características:

- No tienen un teléfono celular activo.
- No han utilizado una computadora en los últimos 12 meses.
- No han utilizado Internet en los últimos 12 meses.

Un estudio realizado en [4] durante la pandemia reveló que la brecha digital tuvo un impacto significativo en la educación del Ecuador, afectando a más del 91 % de los estudiantes.

Según la UNESCO [5] (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), aproximadamente 1600 millones de alumnos estaban fuera de las escuelas en abril de ese año. La falta de acceso a Internet, dispositivos electrónicos y la carencia de habilidades digitales por parte de los padres fueron factores que contribuyeron significativamente a esta brecha digital en la educación. Además, se enfatiza la importancia del apoyo familiar en el desarrollo de los niños, especialmente a los 4 años de edad. En otras palabras, la brecha digital podría haberse reducido si todos los estudiantes hubieran tenido igualdad de condiciones tecnológicas.

Varios estudios [6] [7] resaltan la relevancia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el desarrollo de los países y cómo la brecha digital puede tener un profundo impacto en la sociedad.

Por lo cual, se destaca el caso de Cuba [8], un país que ha implementado un programa de informatización que involucra a múltiples sectores y esfuerzos colaborativos para cerrar la brecha digital. Un actor fundamental en este proceso son Los Joven Club de Computación y Electrónica en Cuba, quienes tienen la misión de proporcionar educación informática a la comunidad, con especial énfasis en niños y jóvenes. Estos clubes desempeñan un papel activo y creativo en la formación de valores en el proceso de informatización de la sociedad cubana, contribuyendo a la disminución de la brecha digital en el país.

En este contexto, el cantón Gualaceo, ubicado en la provincia del Azuay, Ecuador, con una población de más de 42,000 habitantes, podría enfrentar desafíos relacionados con la obsolescencia de la infraestructura de red en sus instituciones educativas. Estos desafíos son especialmente preocupantes porque es ampliamente conocido que el analfabetismo digital puede mitigarse mediante el acceso a dispositivos tecnológicos e Internet. Existen diversos trabajos que se han enfocado en la instalación de redes de telecomunicaciones en áreas rurales.

Como ejemplo el proyecto en Nabón [9] resalta por su impacto en la rehabilitación de la infraestructura de red en 40 escuelas del cantón Gualaceo, lo cual ha mejorado significativamente la calidad educativa para más de 2,500 estudiantes. Este proyecto surge de la necesidad de reemplazar el equipo obsoleto en las redes de datos de 40 escuelas y de brindar capacitación a los empleados municipales para la gestión y el mantenimiento adecuado de la red. Los resultados del análisis de Retorno Social de la Inversión (SROI) [10] han revelado un impacto positivo, con un SROI de 6.54, lo que indica que por cada dólar invertido, el proyecto generó un impacto social de 6.54 en los cinco años siguientes. Además, se ha

logrado un período de recuperación de la inversión de 3.4 meses. Este proyecto no solo ha permitido a los estudiantes acceder a clases virtuales durante la pandemia de COVID-19, sino que también ha generado ahorros significativos para las familias al eliminar la necesidad de pagar servicios de Internet en las escuelas. Asimismo, ha mejorado las habilidades digitales de los estudiantes y ha reducido la tasa de abandono escolar. Para futuros proyectos similares, es esencial enfocarse en la socialización del proyecto y en mejorar los tiempos de respuesta a problemas de servicio, además de ofrecer capacitación y campañas de concienciación sobre el uso adecuado de Internet.

Al igual que el trabajo [11], el cual proporciona una explicación detallada sobre el diseño de una red LAN. Este estudio se centra en el diseño de una red para una institución específica, considerando tanto el número de usuarios como el tipo de cableado que contribuye a la integralidad del diseño de la red. Además, se aborda la identificación de los equipos necesarios para su implementación.

Gracias a la retroalimentación, se destaca que la introducción de tecnología WiFi en áreas rurales se enfrenta a desafíos relacionados con costos y eficiencia en el diseño de sistemas. Para lograr una conectividad económica en estas regiones, se abordan múltiples aspectos fundamentales [12], uno de estos aspectos es el papel que juegan las telecomunicaciones en el tercer mundo, ya que estas tecnologías son necesarias para impulsar el desarrollo socioeconómico del país, además, la implementación de redes WiFi no solo mejora la conectividad, sino que también fomenta el acceso a la información, la educación y los servicios, contribuyendo significativamente al progreso de estas comunidades.

La implementación de redes WiFi en zonas rurales requiere una planificación meticulosa, gestión eficaz de costos, administración de energía eficiente y la prestación de servicios adaptados a las comunidades locales. Esto implica una planificación estratégica que incluye determinar la ubicación y altura de las torres de antenas, así como la selección adecuada de antenas y la asignación de canales. Se sugiere una estrategia de altura de torres que puede reducir significativamente los costos de infraestructura. La asignación eficiente de potencia de transmisión y la gestión de la red son esenciales para asegurar un rendimiento óptimo y evitar interferencias. Se subraya la importancia de contar con herramientas de diagnóstico y reparación remota, especialmente valiosas en entornos inalámbricos. La conservación de la energía es crucial en áreas rurales, y se introduce el concepto de "Wake-on-WLAN" para ahorrar energía. Además, se destaca la necesidad de proporcionar servicios específicos para estas

comunidades, como VoIP, educación en línea y servicios de salud a través de videoconferencia, para satisfacer sus necesidades y demandas.

Este proyecto es una parte integral del proyecto más grande titulado "Rehabilitation of a Data Network in Gualaceo, Ecuador," presentado en el 2023 IEEE ComSoc & HTB - Internet for All Call for Proposals [9]. La iniciativa más amplia tiene como objetivo mejorar la infraestructura de red en diversas instituciones educativas dentro de Gualaceo, proporcionando una base sólida para la implementación futura de soluciones tecnológicas avanzadas y adaptadas a las necesidades locales.

0.2. Justificación del problema

El diseño de la red de datos para las instituciones educativas de Gualaceo es importante porque puede mejorar la conectividad. Un diseño adecuado de la red podría incrementar la velocidad y la confiabilidad de la conexión a Internet en las escuelas de Gualaceo, lo que facilitaría el acceso más eficiente a la información y los servicios en línea para las personas. Además, fomenta el desarrollo económico en Gualaceo al posibilitar que comerciantes y empresarios accedan a nuevos mercados y oportunidades comerciales en línea.

Un aspecto clave es que, al diseñar una red de datos escalable, esta puede ser implementada en las distintas instituciones educativas de Gualaceo, unificándolas y permitiendo que los estudiantes, sin importar a qué institución educativa pertenezcan, accedan a una sola red. Por otro lado, este tema puede abordarse desde diferentes perspectivas, como la ingeniería de redes, la gestión de proyectos y la ciberseguridad, lo que podría generar nuevas oportunidades de investigación.

0.3. Objetivos

0.3.1. Objetivo General

- Desarrollar una red de datos piloto para optimizar la infraestructura de conectividad de red en las instituciones educativas del sector El Llano del cantón Gualaceo.

0.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio detallado sobre el diseño y gestión de redes de datos inalámbricas, explorando las metodologías y herramientas utilizadas en su diseño.
- Diagnosticar de la infraestructura de la red en la institución seleccionada, considerando aspectos técnicos como la velocidad, la confiabilidad, la seguridad y la capacidad de escalabilidad.
- Diseñar la gestión de la red de datos en la institución educativa piloto, estableciendo estrategias y procedimientos con el fin de asegurar el cumplimiento de los aspectos técnicos identificados en el Objetivo 2.
- Simular la red de datos diseñada con la herramienta Ekahau para identificar la ubicación óptima de los routers, incluyendo la emulación de la red mediante el software GNS3 para evaluar el desempeño y la eficiencia operativa en diferentes configuraciones y escenarios.
- Evaluar la eficacia del diseño propuesto mediante la comparación entre los resultados obtenidos en la simulación y el rendimiento real de la red.

0.4. Beneficiarios

El propósito fundamental de este trabajo es mejorar la conectividad a Internet en las escuelas de Gualaceo zona El Llano. Esto tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes acceso a la información y a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), lo que les permitirá enriquecer su proceso de aprendizaje y obtener una educación más completa y actualizada. A través de este proyecto, se busca contribuir de manera significativa a la reducción del analfabetismo digital en la comunidad educativa de Gualaceo y elevar la calidad de la educación en la zona.

Es importante destacar que uno de los grupos beneficiarios clave de esta iniciativa es el Grupo de Investigación en Telecomunicaciones y Telemática (GITEL), especializado en la línea de investigación de redes inalámbricas. Su participación activa y su amplia experiencia en esta área desempeñarán un papel fundamental en la implementación exitosa de este proyecto, lo que fortalecerá aún más su impacto positivo en la comunidades educativas tales como la Unidad Educativa Alfonso Lituma Correa, de Gualaceo del sector El Llano.

Capítulo 1

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo da a conocer los principales fundamentos teóricos para poder entrar en contexto con temas relevantes para el desarrollo del proyecto, iniciando por el estudio del Canto Gualaceo, Ecuador, centrándose en la brecha digital que existe en la zona, diseño de redes inalámbricas, tipos de enrutamientos y topologías.

1.1. Cantón Gualaceo

Gualaceo, conocido como el "Jardín Azuayo", es un cantón enclavado en el valle del río Santa Bárbara, en la provincia de Azuay, Ecuador. Con una población de 38,587 habitantes, se distingue por su belleza natural y su carácter acogedor, lo que le ha valido el título de Patrimonio Cultural de la Nación. Gualaceo es un importante nudo de comunicaciones hacia el oriente ecuatoriano y su economía se basa en la agricultura, la artesanía y el turismo [13].

Gualaceo se encuentra a una altitud de 2,330 metros sobre el nivel del mar y disfruta de un clima templado con temperaturas promedio de 17°C. El clima varía desde los 6°C en los períodos más fríos hasta los 25°C en los días soleados. Las partes altas del cantón, que superan los 3,000 metros, experimentan un clima frío típico de las cordilleras, con ecosistemas de Bosque Nublado y páramos andinos. La precipitación anual oscila entre 800 y 1,100 mm, concentrándose la temporada de lluvias de abril a julio y una época más seca de agosto a noviembre. Gualaceo está dividido en nueve parroquias, como se puede observar en la Figura 1.1:



Figura 1.1: Mapa de parroquias de Gualaceo

- Daniel Córdova Toral
- Gualaceo (Cabecera cantonal)
- Jadán
- Mariano Moreno
- Luis Cordero Vega
- Remigio Crespo Toral
- San Juan
- Zhidmad
- Simón Bolívar

La distribución de la población total de Gualaceo es de 38,587 habitantes, según el censo [14], la cual esta dividida de la siguiente forma:

- Área Urbana: 10,682 habitantes.
- Área Rural: 27,905 habitantes

Tabla 1.1: Distribución de la Población por Área.

Distribución de la Población por Área			
Área	Población Total	Hombres	Mujeres
Total	38,587	17,158	21,429
Urbana	10,682	4,752	5,930
Rural	27,905	12,406	15,499

Como se muestra en la Tabla 1.1 la población en áreas rurales sobre las urbanas dentro del cantón, las zonas rurales es la que contiene una mayor cantidad de habitantes.

1.1.1. Instituciones educativas del cantón

En el Distrito Educativo 01D04 Chordeleg-Gualaceo, ubicada en la provincia del Azuay, Ecuador, cuenta con 61 instituciones educativas. Estas instituciones se dividen en escuelas públicas, administradas y privadas que cubren todos los niveles y formas de educación [15], las cuales están definidas como .

- Instituciones fiscales: Son la mayoría y abarcan la gran parte de la oferta educativa del distrito. Estas instituciones son de carácter público y no tienen costo para los estudiantes.
- Instituciones fiscomisionales: Estas escuelas son gestionadas mediante un convenio entre el Estado y entidades privadas, usualmente religiosas, que aportan al mantenimiento y gestión de las escuelas.
- Instituciones particulares: Son completamente privadas y financiadas por las cuotas de los estudiantes.

La cantidad de instituciones educativas del cantón Gualaceo se puede observar en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2: Unidades Educativas en Gualaceo.

Tipo de Institución	Cantidad
Fiscales (Públicas)	54
Fiscomisionales	1
Particulares	6
Total	61

El número total de estudiantes matriculados en estas instituciones educativas alcanza los 12,278 los cuales se dividen en diferentes niveles de educación desde primaria hasta secundaria.

El distrito se centra en brindar una educación inclusiva e intercultural adaptada a las necesidades de su diverso alumnado, integrando prácticas de educación vocacional y brindando apoyo a los estudiantes con necesidades educativas especiales [15].

1.2. Analfabetismos y brecha digital

El desarrollo y aumento de las tecnologías digitales han transformado muchos aspectos de la sociedad moderna, brindando oportunidades de crecimiento y desarrollo sin

precedentes. Sin embargo, no todos los grupos sociales tienen igual acceso a estos beneficios. Investigaciones recientes muestran que el analfabetismo digital y la desigualdad digital plantean desafíos continuos que requieren estrategias e intervenciones continuas. Debe garantizarse que todos los ciudadanos, especialmente en las zonas rurales y pobres, puedan aprovechar las oportunidades que ofrecen las tecnologías digitales.

1.2.1. Brecha digital

La brecha digital se refiere a la desigualdad entre individuos, hogares, empresas o regiones geográficas en sus capacidades para acceder y utilizar tecnologías de información y comunicación (TIC), como el internet y la computación. Esta desigualdad afecta directamente las oportunidades de desarrollo social y económico, estableciendo un abismo entre quienes pueden beneficiarse de la tecnología y quienes quedan excluidos de sus ventajas [7].

Históricamente, la brecha digital se ha relacionado con el acceso a la tecnología, pero también hacer referencia a las diferencias en la capacidad de utilizar tecnologías de manera efectiva y en la calidad del uso. La adopción de políticas nacionales e internacionales para cerrar esta brecha se ha enfocado principalmente en aumentar la conectividad y en mejorar la educación y capacitación tecnológica [6].

Los progresos tecnológicos y digitales desde 2014 han generado un notable incremento en los ámbitos económico, educativo y social, especialmente con un aumento en la utilización de las TIC que incluyen la telefonía móvil e Internet [1]. Sin embargo, el análisis sobre el Índice de Desarrollo de las TIC en Ecuador muestra que, a pesar de los avances entre 2008 y 2016, aún existe una considerable brecha en el acceso y uso de las TIC, lo que representa un obstáculo significativo para el progreso hacia una sociedad de la información inclusiva [6].

1.2.2. Analfabetismo Digital

El analfabetismo digital o tecnológico se define como la falta de habilidades necesarias para interactuar efectivamente con tecnologías digitales. Esto incluye desde el uso básico de computadoras e internet hasta la capacidad para aprovechar completamente las herramientas digitales en la vida diaria, lo cual afecta no solo el desarrollo personal sino también profesional y social [16].

Es crucial destacar que el analfabetismo digital en áreas rurales ha sido un desafío

relevante, evidenciado especialmente durante la pandemia del COVID-19 cuando el dominio de competencias tecnológicas básicas se convirtió en esencial para la educación [2]. El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) define como analfabetas digitales a aquellos entre 15 y 49 años que no tienen teléfono celular activo, no han utilizado una computadora ni Internet en los últimos 12 meses [3].

Un estudio realizado durante la pandemia reveló que la brecha digital impactó significativamente la educación en Ecuador, afectando a más del 91 % de los estudiantes [4]. La UNESCO resaltó que alrededor de 1600 millones de alumnos estaban fuera de las escuelas en abril de 2020, y la falta de acceso a Internet y dispositivos electrónicos, junto con la carencia de habilidades digitales por parte de los padres, contribuyeron significativamente a esta brecha digital en la educación [5].

1.3. Tecnologías Inalámbricas

1.3.1. Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas son sistemas de comunicación que permiten a los dispositivos conectarse y comunicarse entre sí dentro de una zona de cobertura sin la necesidad de cables físicos. Esta tecnología ofrece flexibilidad significativa, ya que los dispositivos dentro de la cobertura de la red pueden operar sin estar atados físicamente a un punto fijo [17]. Además, estas redes, sirven como una herramienta esencial para las organizaciones que buscan extender su información y servicios de manera eficiente a clientes y profesionales móviles. Resaltan que la integración de la conectividad inalámbrica con internet y dispositivos móviles forma una parte crucial de las estrategias para aumentar la productividad, reducir costos operativos y mejorar la satisfacción del cliente, haciendo hincapié en que las redes inalámbricas proporcionan una ventaja competitiva considerable [18].

1.3.2. Clasificación de las redes inalámbricas

Las redes inalámbricas se pueden clasificar de acuerdo a sus aplicaciones y al tipo de servicio que proveen, como por ejemplo, servicios que incluyen voz sobre IP, telemedicina y el servicio triple play, que son capaces de ofrecer gracias a la convergencia tecnológica [19], como se muestra en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3: Tecnologías de Redes Inalámbricas

Tecnología	Descripción
WLAN (Wireless Local Area Network)	Estas redes son para áreas locales, típicamente extendiéndose a lo largo de un edificio o un campus.
Wi-Fi	Una especificación para WLANs que utiliza estándares como el IEEE 802.11. Wi-Fi es comúnmente usado en entornos comerciales, educativos y domésticos.
Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)	Tecnología que ofrece servicios de banda ancha inalámbrica y que puede ser usada como una alternativa a la conexión por cable o DSL. Wimax es notable por su alcance extendido y su capacidad para servir como una solución de "última milla".
WPAN (Wireless Personal Area Network)	Redes diseñadas para un alcance personal, típicamente dentro de un rango de unos pocos metros, y comúnmente usadas para conectar dispositivos personales como teléfonos móviles.
LoRaWAN (Local Multipoint Distribution Service)	Un servicio de comunicación inalámbrica de largo alcance y bajo consumo de energía.

Las diferentes tecnologías inalámbricas se adaptan a distintos rangos de alcance para satisfacer necesidades específicas. Wi-Fi es ideal para uso en interiores con un alcance que puede llegar a cientos de metros, mientras que Wimax proporciona cobertura de banda ancha en distancias de hasta 50 kilómetros en áreas abiertas y hasta 6 kilómetros en zonas urbanas, siendo excelente para áreas rurales o donde no llegan las redes cableadas. Las WPAN, como Bluetooth, son óptimas para conexiones a corta distancia de solo unos metros, adecuadas para conectar dispositivos personales [19].

EL internet de las cosas (IoT, del inglés Internet of Things) permite que cualquier dispositivo doméstico o industrial, tal como sensores y actuadores puedan estar conectados a Internet. La conectividad de estos dispositivos requiere de tecnologías de bajo consumo de energía y bajo costo, porque operan básicamente con baterías y se espera que puedan conectarse a largas distancias de manera inalámbrica.

Entonces para conectar estos sensores y actuadores nace LoRaWAN quien permite interconectar dispositivos de bajo consumo de potencia, que son alimentados por batería, durante largos periodos de tiempo sin ser estas reemplazadas. LoRaWAN ha arrojado resultados favorables en su uso tanto en interiores como exteriores. Debe hacerse la aclaración que

es una solución para redes donde el objetivo que se desea alcanzar de monitoreo se vea afectado por la tasa de transferencia de datos de este protocolo, la cual es idónea para interconectar dispositivos autónomos a larga distancia que envían sus datos a un servidor de red [20].

La Figura 1.2 Representa la relación entre diferentes tecnologías inalámbricas y sus respectivos alcances. Comienza con WPAN, que es adecuado para distancias cortas de hasta 10 metros, como Bluetooth y ZigBee. Continúa WLAN, al igual que Wi-Fi, ampliando la cobertura a unos 100 metros. Además, las WMAN como WiMAX ofrecen conectividad de hasta 50 kilómetros, lo que las hace ideales para áreas metropolitanas. Finalmente, WWAN (que incluye tecnologías como GSM y LTE) cubre mayores distancias y es adecuada para comunicaciones regionales o nacionales [21].

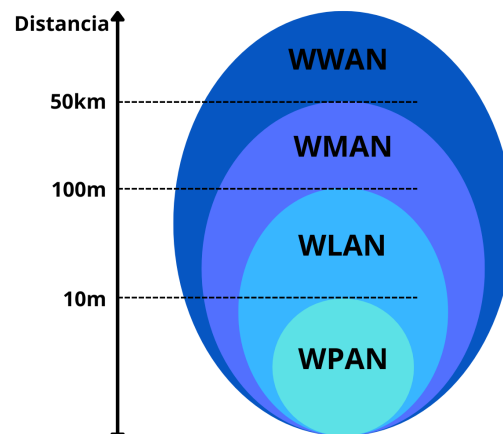


Figura 1.2: Clasificación tecnologías inalámbricas.

En la Figura 1.2 representa el alcance de las distintas tecnologías inalámbricas pero cabe mencionar que, en sus comienzos, las aplicaciones de las redes inalámbricas estaban reservadas para industrias y extensos depósitos. Actualmente, se implementan WLANs en lugares como universidades, oficinas, domicilios y áreas públicas. Las WLANs suelen estar compuestas por computadoras, ya sean portátiles o de escritorio, que se enlazan a dispositivos estacionarios llamados puntos de acceso mediante señales de radio o infrarrojos. Las WLANs cubren desde las redes personales (PANs) hasta redes de amplio alcance como las redes metropolitanas (MANs) y las redes de área amplia (WANs). Las PANs son para uso interior y de corto alcance, mientras que las MANs y WANs utilizan torres y antenas para conectar redes locales a través de enlaces punto a punto y multipunto.[22].

1.3.3. WI-FI

Wireless Fidelity (Wifi) es una tecnología de red local inalámbrica que permite conectar varios dispositivos entre sí sin la necesidad de cables físicos. Utiliza ondas de radio para transmitir información, facilitando la movilidad y el acceso a Internet en dispositivos móviles dentro de un área de cobertura limitada. Este servicio se ha transformado de un lujo a una necesidad en hoteles y otros lugares clave para turistas, influenciando significativamente su satisfacción con el servicio general [23].

El WiFi ha demostrado ser una solución más económica en comparación con las redes cableadas, no solo en términos de costos directos de instalación y mantenimiento, sino también en la agilidad que ofrece para adaptarse a las necesidades cambiantes de las empresas y otros entornos comerciales [24].

En cuanto a WiFi, este opera en diferentes bandas de frecuencia que han evolucionado y mejorado con el paso de los años.

Wi-Fi 5

En la actualidad mayormente se trabaja con Wifi en la banda de 5 GHz, por las siguientes razones:

- **Mayor Ancho de Banda:**

Wi-Fi 5 (802.11ac) opera en la banda de 5 GHz porque permite un mayor ancho de banda de canal, que puede llegar hasta 160 MHz. La banda de 2.4 GHz no tiene canales suficientemente anchos para soportar estos anchos de banda, lo que limita la capacidad de datos [25].

- **Reducción de Interferencias:**

La banda de 5 GHz es menos congestionada que la de 2.4 GHz, lo que reduce las interferencias con otros dispositivos que operan en la misma frecuencia, como microondas, teléfonos inalámbricos y dispositivos Bluetooth [25].

- **Adaptabilidad de Ancho de Banda:**

Los dispositivos pueden adaptativamente seleccionar el ancho de banda usado para cada paquete (20, 40, 80 o 160 MHz) para manejar mejor las interferencias y optimizar el rendimiento [25].

- **Multi-Usuario MIMO (MU-MIMO):**

Wi-Fi 5 introduce MU-MIMO en el enlace descendente (DL), permitiendo a un punto de acceso asignar diferentes flujos espaciales a varios dispositivos simultáneamente, aumentando así la eficiencia y capacidad total de la red [25].

- **Mayor Orden de Modulación:**

Se incrementa el orden de modulación de cuadratura de amplitud (QAM) de 64-QAM a 256-QAM, lo que permite una mayor cantidad de bits por símbolo y, por lo tanto, una mayor tasa de datos [25].

Futuro del Wireless Fidelity

A un que en algunas ciudades se es empleado Wi-Fi 6, la próxima generación será Wi-Fi 7 (IEEE 802.11be), promete llevar estas mejoras a un nivel completamente nuevo [26].

El cual cumple con las siguientes características

- **Rendimiento Extremadamente Alto (EHT)**

- **Ancho de Banda Mayor:** Wi-Fi 7 buscará ofrecer un rendimiento nominal de más de 40 Gbps mediante el uso de canales de hasta 320 MHz. Esto es una mejora significativa en comparación con los 160 MHz disponibles en Wi-Fi 6 (802.11ax).
- **Modulación 4096 QAM:** Incrementar el orden de modulación a 4096 QAM (de 1024 QAM en Wi-Fi 6) permitirá transmitir más datos en el mismo espectro, aumentando así la eficiencia y la capacidad de la red.

- **Latencia Reducida para Aplicaciones en Tiempo Real**

- **Aplicaciones en Tiempo Real (RTA):** Wi-Fi 7 está diseñado para soportar aplicaciones con requisitos de latencia estrictos, como realidad virtual/aumentada, juegos en la nube y transmisión de video 8K, con una latencia objetivo por debajo de 5 ms.

- **Operación Multienlace**

- **Cooperación entre Puntos de Acceso (APs):** La operación multienlace nativa permitirá la cooperación entre varios puntos de acceso para mejorar la eficiencia

y la cobertura de la red, proporcionando una experiencia de usuario más consistente y robusta.

■ **Optimización del Sondeo de Canales**

- **MIMO Masivo y Técnicas Avanzadas:** Wi-Fi 7 permitirá la implementación de MIMO masivo y técnicas mejoradas de la capa física (PHY) y la capa de control de acceso al medio (MAC), optimizando el uso del espectro y mejorando la capacidad de la red.

■ **Mejoras en la Calidad de Servicio (QoS)**

- **Redes Densas:** Wi-Fi 7 aumentará la eficiencia en entornos densos, como estadios, aeropuertos y edificios de oficinas, mejorando la calidad del servicio para aplicaciones exigentes en términos de ancho de banda y latencia.

■ **Innovaciones Tecnológicas**

• **Canales más Amplios y Más Limpios**

- **Uso del Espectro de 6 GHz:** La adopción del espectro de 6 GHz (Wi-Fi 6E) permitirá canales más amplios y con menos interferencias, lo que se aprovechará aún más en Wi-Fi 7.

• **Tecnología de Beamforming Mejorada**

- **Dirección de Señal Precisa:** Las mejoras en beamforming permitirán dirigir las señales de manera más precisa hacia los dispositivos, aumentando la eficiencia y la cobertura.

• **Seguridad y Gestión de Redes**

- **Mejora en la Seguridad:** Wi-Fi 7 incorporará nuevas características de seguridad para proteger mejor las redes y los datos que se transmiten.
- **Gestión de Redes Más Eficiente:** Las nuevas herramientas y técnicas de gestión permitirán a los administradores de redes optimizar el rendimiento y la seguridad de manera más eficaz.

■ **Perspectivas Futuras**

- **Implementación Progresiva**

- **Desarrollo en Etapas:** El desarrollo de Wi-Fi 7 está en curso, con una primera versión del borrador esperada para marzo de 2021 y la versión final para principios de 2024.
- **Adopción Gradual:** La adopción de Wi-Fi 7 será gradual, comenzando con dispositivos de alta gama y expandiéndose a un rango más amplio de productos y aplicaciones con el tiempo.
- **Interoperabilidad con 5G**
 - **Complementariedad con 5G:** Wi-Fi 7 está diseñado para trabajar de manera complementaria con redes 5G, permitiendo una mejor experiencia de usuario a través de la convergencia de ambas tecnologías.

1.3.4. Redes LAN

Una Red de Área Local (LAN- Local Area Network de sus siglas en ingles). Una Red LAN permite a los dispositivos comunicarse entre sí, compartir recursos, archivos, informacion y acceder a diferentes servicios como en la Figura 1.3; eso si, solo en una área delimitada como una escuela, un edificio, una oficina o una vivienda.

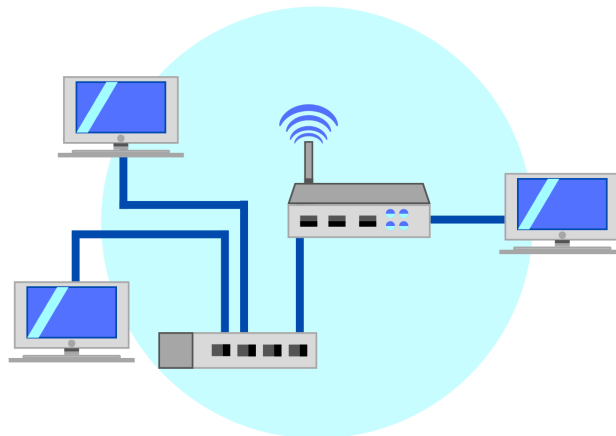


Figura 1.3: Red LAN.

Al establecer una red LAN, se optimiza la gestión a través de tecnologías innovadoras que permiten la comunicación entre sistemas y el acceso a información y recursos diversos. Esto resulta en una reducción significativa de los costos y tiempos operacionales.[27].

Actualmente, y desde un enfoque de negocio, las redes se pueden segmentar en tres

categorías basadas en la escala geográfica de su implementación: redes de área local (LAN), redes de área metropolitana (MAN) y redes de área amplia (WAN). [28].

- **Redes de Área Local (LAN, Local Area Network):** Son redes que conectan dispositivos dentro de un área geográficamente pequeña, como un edificio o campus.
- **Redes de Área Metropolitana (MAN, Metropolitan Area Network):** Estas redes conectan dispositivos a lo largo de un área metropolitana más grande, como una ciudad o un grupo de edificios cercanos.
- **Redes de Área Extendida (WAN, Wide Area Network):** Son redes que cubren áreas geográficas extensas, conectando dispositivos a través de ciudades, estados, o incluso países.

Una vez comprendidos los diferentes tipos de redes de área, en la Tabla 1.4 detalla sus aplicaciones, velocidades y topologías.

Tabla 1.4: Comparación de LAN, MAN y WAN

	Espacio Geográfico	Propiedad	Velocidades	Topologías en las que usadas	Ejemplos
LAN	Edificio o instituciones	Privada	10Mbps, 10Gbps	Bus, anillo, estrella	Red Ethernet con recursos compartidos y WiFi
MAN	Ciudad o región	Pública o privada	Varía según su aplicación	Anillo, malla, bus	Televisión por cable, redes xDSL entre LANs, WiMax, WiFi-Mesh, ATM
WAN	País o continente	Pública	Varía según su aplicación	Malla, punto a punto	ATM, Frame Relay, ADSL, GPRS y 3G

1.4. Estudio de equipos

1.4.1. Routers

Un router es un dispositivo que facilita la conexión entre distintas redes y maneja la transferencia de datos entre ellas, como se ve en la Figura 1.4. Su tarea principal es gestionar y asegurar el flujo de datos de manera efectiva, seleccionando las rutas más apropiadas para que los datos alcancen sus destinos de manera óptima.

Este dispositivo funciona en la capa de red, también conocida como la tercera capa del modelo OSI, y emplea tablas de enrutamiento para elegir las mejores rutas para los datos. Estas tablas almacenan datos cruciales sobre las diversas redes conectadas al router y las rutas disponibles para el tráfico de datos.

Cuando un paquete de datos llega al router, este analiza la dirección a la que debe enviarse y revisa su tabla de enrutamiento para decidir cuál interfaz es la adecuada para reenviar el paquete. Posteriormente, el router envía el paquete a través de esa ruta seleccionada, siguiendo los protocolos de enrutamiento establecidos.



Figura 1.4: Router.

1.4.2. Access Point

Un Access Point (AP) es un dispositivo de red que se utiliza para conectar dispositivos inalámbricos a una red cableada, en la Figura 1.5 muestra la representación física de un AP.

En las redes inalámbricas, los puntos de acceso (AP) operan de forma parecida a los switches en redes cableadas, permitiendo que los usuarios se conecten de manera inalámbrica [29]. No obstante, la distancia a la que deben estar los usuarios del AP está bastante limitada a menos de 100 metros, debido a la potencia de la señal y los posibles obstáculos en el entorno [30]. Esto ha resultado en un aumento en la instalación de APs para cumplir con las necesidades de conexión inalámbrica.



Figura 1.5: Punto de Acceso.

1.5. Conectividad

La conectividad en redes inalámbricas ha revolucionado la manera en que nos comunicamos y compartimos información. En el contexto educativo, la implementación de una red WLAN (Wireless Local Area Network) se ha vuelto esencial para garantizar un acceso rápido y eficiente a los recursos digitales, destacando la importancia de la conectividad y explorando subtemas cruciales como el Enrutamiento, la tecnología Mesh, tecnología MIMO (Multiple Input Multiple Output) y las diversas topologías de red. Estos elementos son fundamentales para entender por qué necesitamos una infraestructura de red robusta y cómo su correcta implementación puede mejorar significativamente la red.

1.5.1. Enrutamientos

Se entiende por algoritmo de enrutamiento a aquel protocolo de la capa de red que guía los paquetes de datos hacia su destino designado. En una red, el enrutamiento implica una serie de algoritmos complejos que, aunque funcionan independientemente, se comunican entre sí por medio de servicios de información[31] Esta complejidad se atribuye a tres razones fundamentales.

1. El enrutamiento requiere una coordinación efectiva entre todos los nodos de la red, en vez de enfocarse únicamente en los módulos de protocolo de transporte y enlace de datos.
2. El sistema de enrutamiento debe ser robusto ante fallos en enlaces y nodos, asegurando que todos los componentes estén continuamente informados sobre el estado actual de la topología.
3. Para lograr un rendimiento óptimo, el algoritmo de enrutamiento puede necesitar ajustar sus rutas en respuesta a áreas con congestión.

Existen 3 tipos de enrutamientos:

■ Estático:

- Se usa en hosts y redes pequeñas que obtienen sus rutas a través de un enrutador predeterminado.
- Los enrutadores predeterminados solo necesitan conocer uno o dos enrutadores para los próximos saltos.

■ Dinámico:

- Apropiado para redes grandes, enrutadores en redes locales con muchos hosts y hosts en sistemas autónomos extensos.
- Es la opción más adecuada para la mayoría de las redes.

■ Estático y Dinámico Combinados:

- Enrutadores que unen una red estática con una red dinámica.
- Incluye enrutadores de frontera que conectan un sistema autónomo interno con redes externas.

- La combinación de enrutamiento estático y dinámico en un mismo sistema es una práctica común.

El desarrollo de las redes de comunicación avanza a un ritmo cada vez más rápido, especialmente en el área de los protocolos de enrutamiento. Es crucial mantenerse actualizado con las últimas innovaciones para evitar quedarse atrás con información obsoleta.

En la actualidad, protocolos como RIP, OSPF y EIGRP son fundamentales, ya que gestionan la recepción y el reenvío de paquetes a través de redes interconectadas. Estos protocolos también intercambian datos sobre la accesibilidad y los retrasos en el tráfico, seleccionando la ruta más eficiente dentro de la red.[32]. En la Tabla 1.5 se puede visualizar la comparación de los protocolos RIP, OSPF y EIGRP.

Tabla 1.5: Comparación entre RIP, OSPF y EIGRP.

Características	RIP	OSPF	EIGRP
Tipo	Vector distancia	Estado de enlace	Vector distancia, Estado de enlace
Tiempo de convergencia	Lento	Rápido	Rápido
Soporta VLSM	No	Sí	Sí
Consumo de ancho de banda	Alto	Bajo	Bajo
Consumo de Recursos	Bajo	Bajo	Bajo
Mejor escalamiento	No	Sí	Sí
De libre uso o propietario	Libre uso	Libre uso	Propietario

1.5.2. Tecnologías MESH

Las redes Mesh, derivadas de las WLAN, ofrecen numerosos beneficios [33], proporcionando niveles de cobertura más amplios en áreas donde se necesita una conectividad constante. Estas redes cuentan con múltiples nodos interconectados, como se muestra en la figura 1.6, lo que ayuda a mantener una conexión estable.

Esencialmente, este tipo de red incluye un router, conocido como estación base, y varios puntos de acceso que se comunican entre ellos. Esto permite que los usuarios se desplacen libremente dentro del área de cobertura de la red, permaneciendo continuamente conectados a una única red Wi-Fi con el mismo ID y contraseña [34].

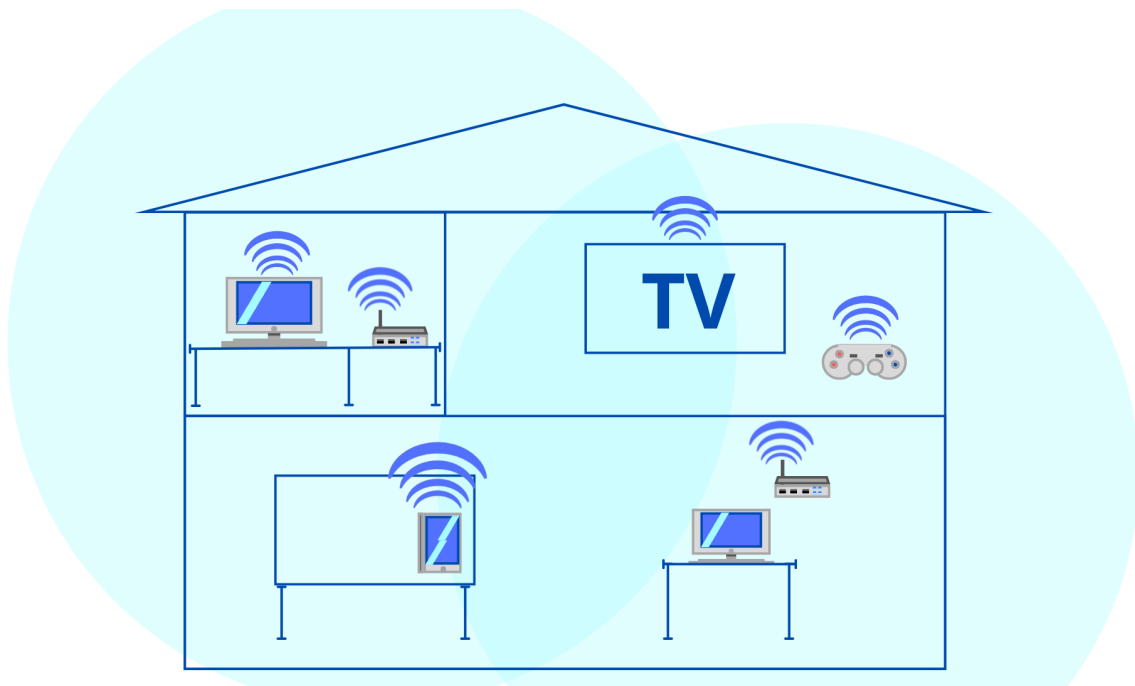


Figura 1.6: Esquema de tecnología Mesh.

Cabe destacar que la función principal de estas redes es extender la señal para que la conexión Wi-Fi abarque toda el área deseada, ya sea una empresa o un complejo universitario, como se ilustra en la Figura 1.6.

1.5.3. Tecnologías MIMO

Este sistema se caracteriza por la diversidad espacial y la multiplexación espacial. La tecnología MIMO emplea múltiples entradas y salidas en un solo canal. La diversidad espacial se refiere a la presencia de múltiples receptores y transmisores, permitiendo que copias de la señal sean transmitidas desde diferentes antenas o recibidas en más de una antena [35].

En el campo de las comunicaciones digitales, los sistemas MIMO (Multiple Input Multiple Output) representan uno de los avances tecnológicos más significativos de los tiempos modernos. Estos sistemas se pueden describir de forma sencilla: en un sistema de comunicación inalámbrico, se utiliza un enlace en el que tanto el extremo de transmisión como el de recepción disponen de múltiples antenas. La estrategia es que las señales de las antenas transmisoras se mezclan con las del receptor de tal manera que ofrecen dos opciones distintas para cada usuario:

La primera opción se enfoca en mejorar la calidad de comunicación reduciendo el Bit

Error Rate (BER) a través de la diversidad espacio-temporal, la cual fortalece el canal de transmisión y minimiza el desvanecimiento mediante el uso redundante de múltiples antenas.

Por otro lado, la segunda alternativa busca aumentar la tasa de transferencia de datos, sacrificando algo de BER. Esto se logra mediante técnicas de multiplexado espacial, que permiten transmitir y recibir más información con el mismo ancho de banda al utilizar distintos canales de propagación proporcionados por las diferentes antenas en paralelo. [36].

1.5.4. Topologías

La configuración física de una red de ordenadores, conocida como topología de red, define cómo están interconectados los dispositivos. Una red que combina varias de estas configuraciones se conoce como red mixta. Entre las topologías más frecuentes se encuentran la de bus, anillo, árbol, malla, estrella y la topología celular[37].

■ Topología Bus 1.7:

- Todas las estaciones están conectadas a un único canal de comunicaciones.
- Es sencillo de instalar y utiliza poca cantidad de cable.
- Es susceptible a fallos en el canal principal, lo que puede inutilizar toda la red.

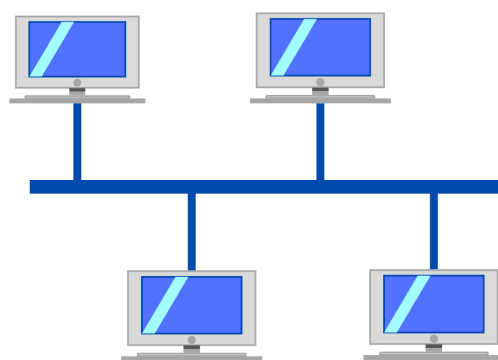


Figura 1.7: Topología Bus

■ Topología Anillo 1.8:

- Cada estación está conectada a su vecina formando un anillo cerrado.

- Utiliza un mecanismo de token para la transmisión de datos.
- La ruptura en la conexión de una estación puede inutilizar toda la red.

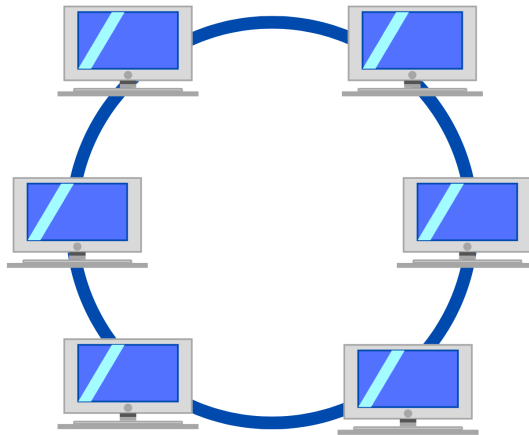


Figura 1.8: Topología Anillo

■ Topología Malla 1.9:

- Cada nodo está conectado a uno o más nodos.
- Permite que los mensajes se enruten de diferentes maneras desde el origen al destino.
- Si la red está completamente conectada, es altamente resistente a las interrupciones.

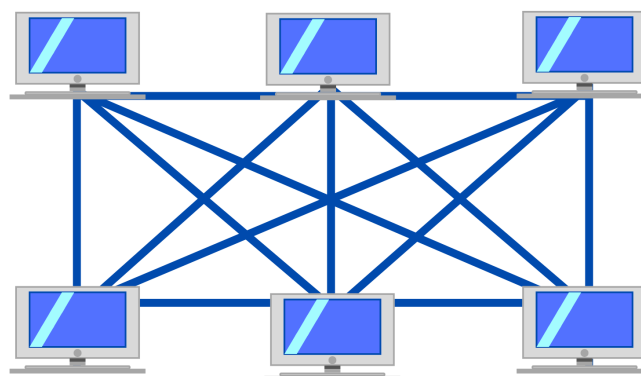


Figura 1.9: Topología Malla

■ Topología Árbol 1.10:

- Variante de la red en bus y en estrella.

- Tiene un nodo central a los que están conectados múltiples nodos jerárquicamente.
- Útil para mantener organizada una gran cantidad de nodos.

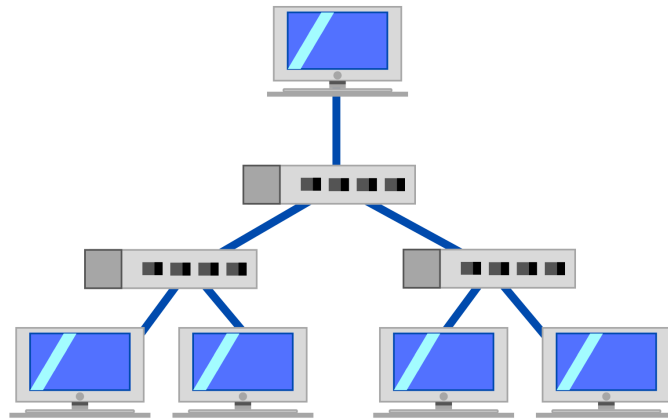


Figura 1.10: Topología Árbol

■ Topología Estrella 1.11:

- Cada nodo está conectado a un nodo central (hub o switch).
- Si un nodo falla, no afecta a los demás, pero si el nodo central falla, toda la red se paraliza.

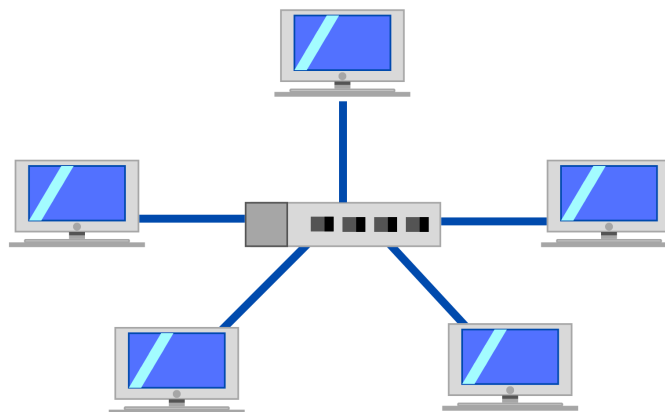


Figura 1.11: Topología Estrella

■ Topología Celular 1.12:

- Utilizada principalmente en redes móviles.

- Divide la región geográfica en múltiples áreas denominadas celdas, cada una con su propio nodo de transmisión.
- Permite el uso eficiente del espectro radioeléctrico y facilita la cobertura a gran escala.

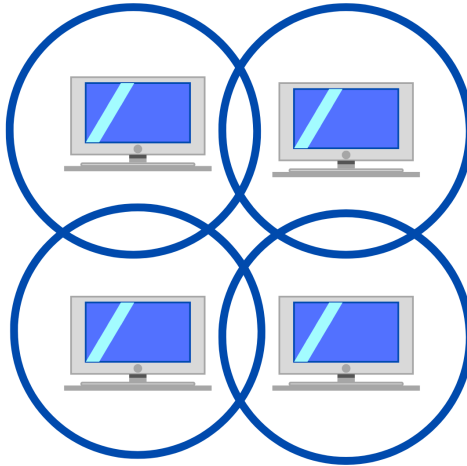


Figura 1.12: Topología Celular

Capítulo 2

METODOLOGÍA

Este capítulo detalla los procedimientos y estudios llevados a cabo para la elaboración de este proyecto. Se incluyen la gestión de permisos necesarios para acceder a una institución educativa y realizar un estudio de su red, así como los métodos empleados para gestionar una red de manera efectiva. Además, se describen los criterios utilizados para comparar y seleccionar las herramientas necesarias para la simulación de la red diseñada.

2.1. Diseño de la metodología aplicada

La estructura del proyecto se divide en seis etapas: selección de institución piloto, gestión de permisos, selección de herramientas, estudio de la institución piloto, diagnóstico de la red de la institución elegida, estudio de la institución piloto y propuesta de la red. Cada una de estas etapas se encuentra detalladamente diseñada, incluyendo la descripción de los dispositivos y componentes pertinentes. En la Figura 2.1 se muestra el diagrama del para desarrollar una red de datos piloto para optimizar la infraestructura de conectividad de red en las instituciones educativas del sector El Llano del cantón Gualaceo.

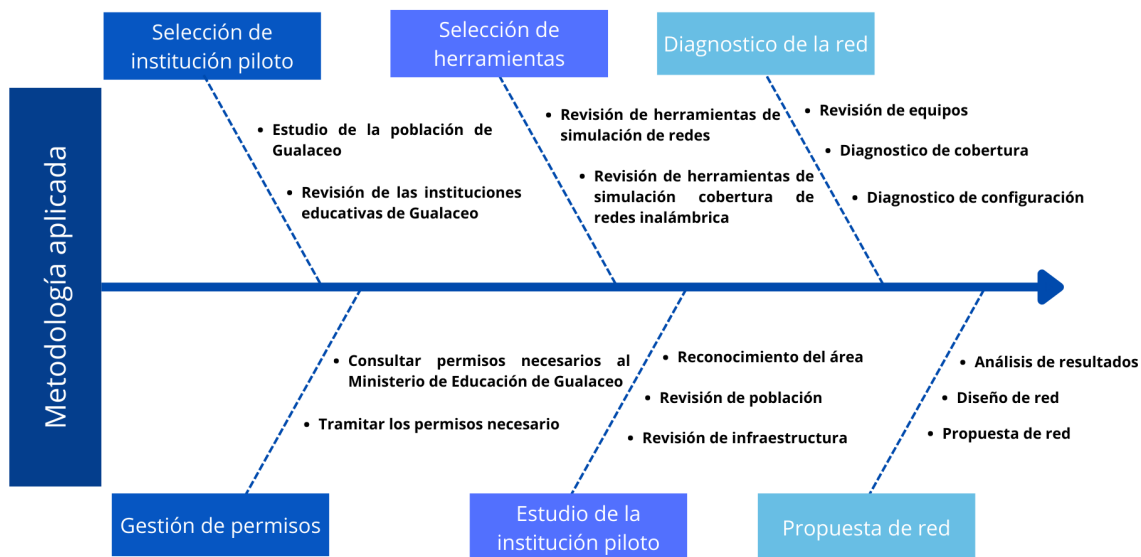


Figura 2.1: Diseño de la metodología aplicada

2.1.1. Selección de la institución piloto

La unidad educativa seleccionada como área de estudio piloto fue la institución Alfonso Lituma Correa, del sector El Llano, Gualaceo, esta unidad educativa fue seleccionada porque es la más grande en el sector, cuenta con 520 estudiantes y 35 docentes. La institución cuenta con unas dimensiones aproximadas de 94x47 metros, es decir, una superficie de 4,418 m². La Figura 2.2 muestra una vista aérea de la institución educativa elegida Alfonso Lituma Correa.



Figura 2.2: Vista área de la institución Alfonso Lituma Correa usando Google Earth

Debido a que la institución es bastante antigua no cuenta con planos de construcción entonces para facilitar el diagnóstico del plantel, se elaboró un diagrama con de la vista aérea del plantel y de sus edificios mostrados en la Figura 2.3. La institución educativa cuenta con

cinco edificios principales, los edificios 2 y 3 tienen dos pisos cada uno. La institución también dispone de dos canchas deportivas representadas en la figura 2.4 como *P1*, *P2*.

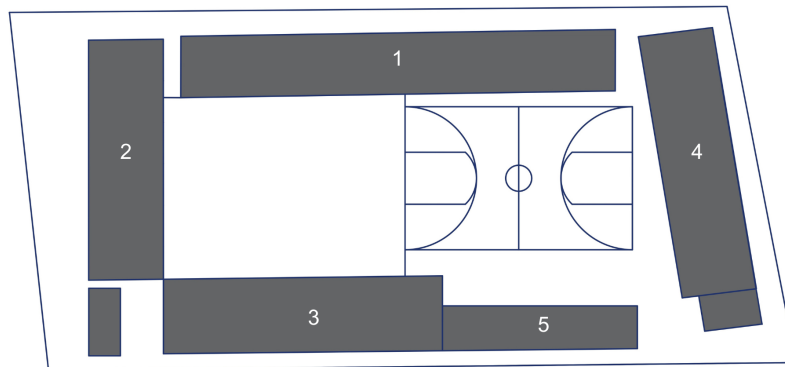


Figura 2.3: Diagrama de la distribución de los 5 edificios de la institución, vista aérea

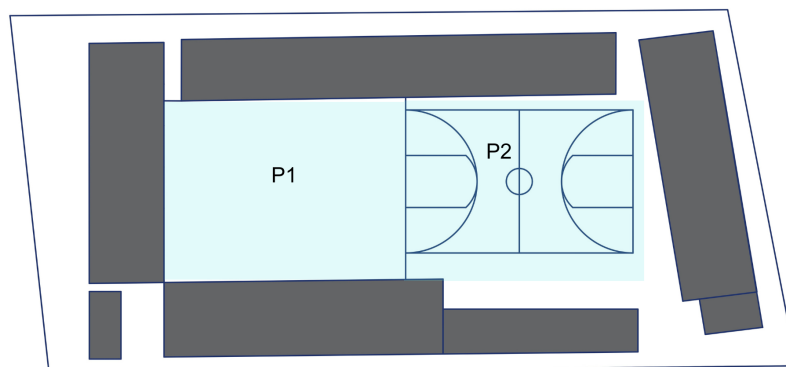


Figura 2.4: Diagrama de las canchas deportivas de la institución elegida

Además, se realizó una distribución por plantas de cada uno de los edificios de la institución, las cuales se muestran en las Figuras 2.5, 2.6 y 2.7, que representan la planta baja, el primer piso y el segundo piso, respectivamente. Esta descripción proporciona una visión clara y detallada de la ubicación, propósito y características de cada estructura, facilitando así la orientación y comprensión del campus. La Tabla 2.1 define el significado de las variables utilizadas en los diagramas:

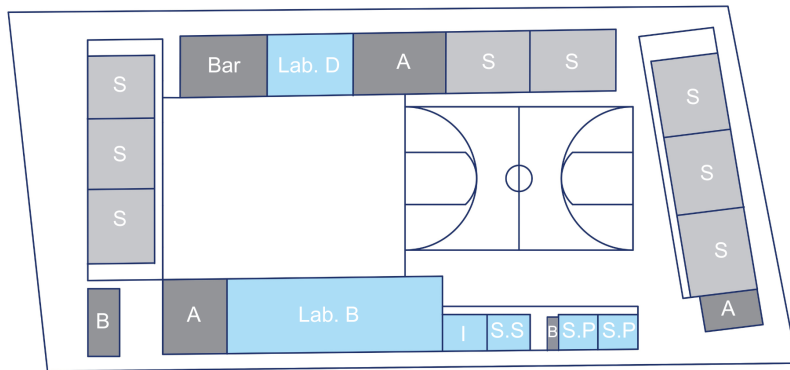


Figura 2.5: Diagrama planta baja

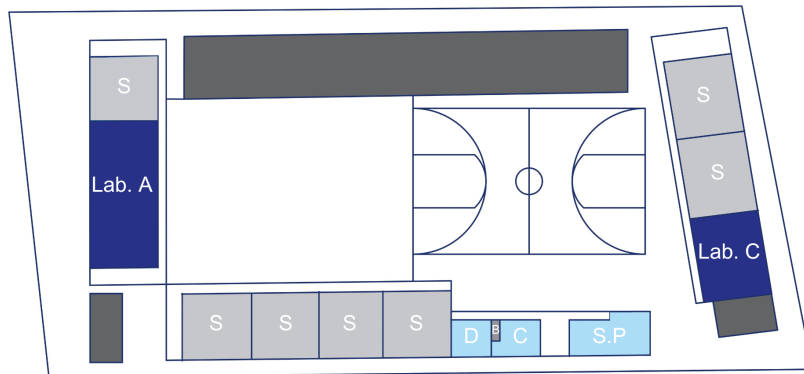


Figura 2.6: Diagrama primer piso

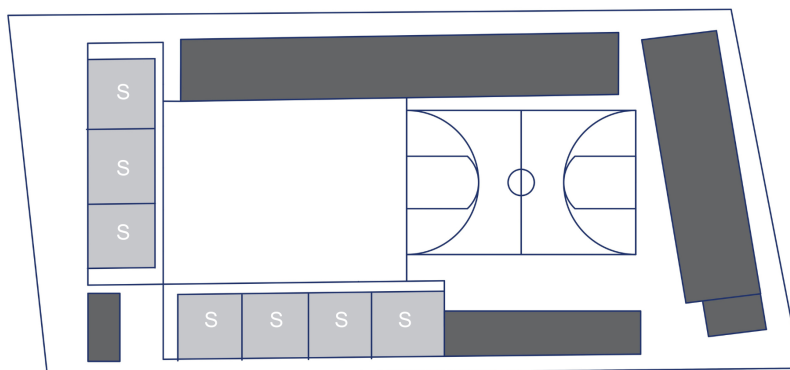


Figura 2.7: Diagrama segundo piso

Tabla 2.1: Símbolos y Significados

Variable	Significado	Variable	Significado
A	Bodega	S.S	Sala de Sesiones
B	Baños	P1	Patio 1
C	Secretaría	P2	Patio 2
D	Dirección	Lab. A	Salón de audiovisuales
I	Inspección	Lab. B	Laboratorio de cocina
S	Salón	Lab. C	Laboratorio de computación
S.P	Sala de profesores	Lab. D	Salón de educación física

Para una mejor comprensión de la distribución de la institución educativa, se decidió dividir las áreas de la siguiente manera, como se muestra en la Figura 2.8, estas áreas pertenecen únicamente a la planta baja y al primer piso.

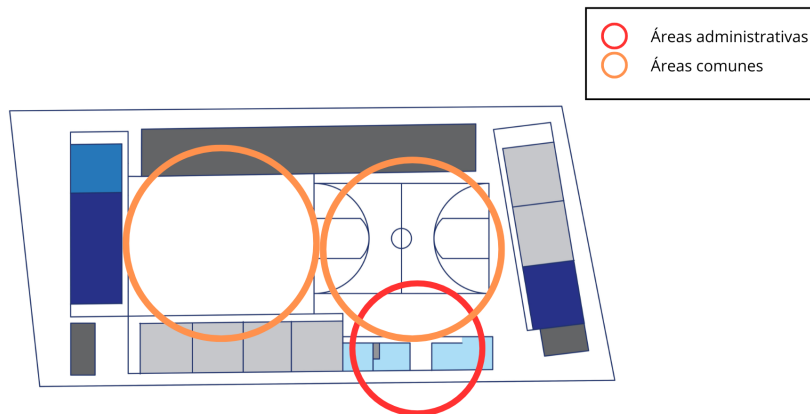


Figura 2.8: Áreas administrativas y áreas comunes

2.1.2. Gestión de permisos

Para la elaboración del proyecto, se requiere realizar un diagnóstico preliminar de las condiciones de la red,. Se ha seleccionado a la institución educativa Alfonso Lituma Correa como zona de estudio debido a que es una de las más grandes y cuenta con el mayor número de estudiantes en la región. Al tratarse de una institución pública [15], es necesario solicitar los permisos correspondientes al Ministerio de Educación [38, 39] , el cual solicitó una explicación detallada del proyecto, las fechas de ingreso a la institución, los datos de los integrantes del proyecto, así como el cronograma de actividades y las tareas específicas que se realizarán dentro de la institución educativa. Una vez aprobada esta solicitud, se debe solicitar el ingreso al

director de la institución educativa seleccionada, quien deberá autorizar nuestro ingreso para llevar a cabo el diagnóstico correspondiente.

2.2. Selección de Herramientas

El proyecto requiere el uso de herramientas para la simulación que permitan la configuración de los equipos. Se han considerado los simuladores de redes GNS3 y Cisco Packet Tracer. En la Tabla 2.2 se presenta la comparación entre ambos simuladores.

Tabla 2.2: Comparación de GNS3 y Cisco Packet Tracer

Características	GNS3	Cisco Packet Tracer
Desarrollador	Comunidad de código abierto	Cisco Systems
Propósito principal	Simulación y emulación de redes reales	Educación y formación en redes Cisco
Soporte de dispositivos	Multivendor (Cisco, Juniper, etc.)	Exclusivamente dispositivos Cisco
Requisitos de hardware	Moderado a alto	Bajo a moderado
Nivel de detalle	Muy alto	Alto
Facilidad de uso	Más complejo, requiere conocimiento previo	Más sencillo, orientado a principiantes
Licencia	Gratuito y de código abierto	Gratuito para estudiantes y académicos
Uso típico	Profesionales de redes	Estudiantes
Integración con herramientas externas	Alta (Wireshark, VirtualBox, VMware)	Limitada

Tras revisar la información presentada en la tabla 2.2, se optó por utilizar GNS3 por las siguientes razones:

- Capacidad de Emulación Realista: GNS3 permite la simulación y emulación de redes reales, lo que es crucial para probar configuraciones en un entorno cercano a la realidad.
- Soporte Multivendor: A diferencia de Cisco Packet Tracer, que solo soporta dispositivos Cisco, GNS3 puede emular equipos de varios fabricantes, como Cisco, Juniper, y otros, lo cual es esencial para redes heterogéneas.
- Integración con Herramientas Externas: GNS3 tiene alta integración con herramientas como Wireshark, VirtualBox y VMware, permitiendo un análisis de red y una virtualización más robusta.

- Nivel de Detalle: Ofrece un nivel de detalle muy alto en la simulación, ideal para profesionales que necesitan replicar configuraciones complejas y específicas.

Sin embargo, debido a las limitaciones de nuestros equipos, en particular por la cantidad de memoria RAM requerida, para este proyecto específico hemos tenido que recurrir a Cisco Packet Tracer para el modelado de la red y el diseño de esquemas representativos.

Por otro lado, se utilizó Ekahau Site Survey, ya que esta es una herramienta esencial para el diseño y mantenimiento de redes Wi-Fi. Esta herramienta permite simular áreas físicas y planificar la ubicación óptima de los puntos de acceso para garantizar una cobertura eficiente. Con sus funciones de encuestas de sitio y análisis de rendimiento, ayuda a identificar y resolver problemas de interferencia y señal débil, asegurando una red inalámbrica robusta y de alto rendimiento. El costo de la licencia de Ekahau AI Pro es aproximadamente \$5,615, y se requiere una suscripción anual a Ekahau Connect, que tiene un valor de \$1,995.

2.2.1. Diagnostico de la red de la institución Alfonso Lituma Correa

En esta sección se presentan los resultados del diagnóstico de la institución piloto. Se detallan los equipos actualmente utilizados en el colegio, su cobertura y los sistemas de seguridad implementados.

Diagnostico de cobertura.

La institución educativa actualmente cuenta con 26 equipos Router Tp-link EX141 representado en la Figura 2.9.



Figura 2.9: Router EX141.

El equipo utilizado en la institución piloto, cuenta con las características, mostradas en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Características del Router TP-Link EX141

Características	Valor
Interfaz	1 puerto WAN RJ45 10/100/1000 Mbps, 3 puertos LAN RJ45 10/100/1000 Mbps
Botones	Botón de reinicio, Botón WPS/Wi-Fi
Estándares Inalámbricos	IEEE 802.11ax/ac/n/a 5 GHz, IEEE 802.11n/g/b 2.4 GHz
Frecuencia	2.4 GHz y 5 GHz
Tasa de Señal	1201 Mbps en 5 GHz, 300 Mbps en 2.4 GHz
Fuente de Alimentación Externa	12V/1A
Potencia de Transmisión	CE: <20dBm (2.4 GHz), <23dBm (5.17 GHz–5.71 GHz); FCC: <30dBm (2.4 GHz y 5.15 GHz–5.825 GHz)
Precio en dólares	\$56.35

Para el diagnóstico de cobertura, se utilizó el programa Ekahau Site Survey. Además, se tomó como referencia la mitad de la potencia de transmisión de los equipos, considerando que los datos del datasheet representan un caso ideal. Esta decisión se tomó con el objetivo de obtener resultados más cercanos a la realidad.

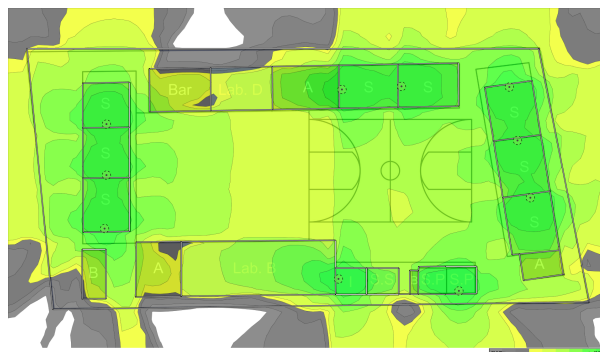


Figura 2.10: Diagrama planta baja actual simulado

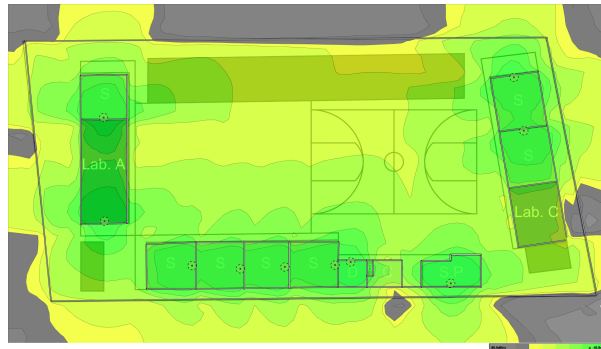


Figura 2.11: Diagrama primer piso actual simulado

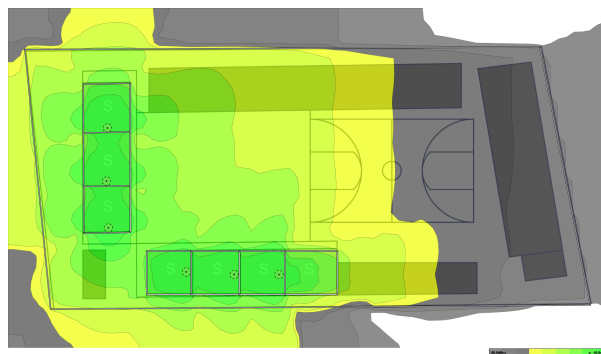


Figura 2.12: Diagrama segundo piso actual simulado

Dado los diagramas de cobertura de la red actual de la institución, se presenta en la Tabla 2.4 el significado de los colores del mapa de calor de cobertura:

Tabla 2.4: Niveles de Intensidad de Señal Wi-Fi con Símbolos

Color de Indicación	Símbolo	Descripción
Equipo		Equipo de red.
Verde oscuro		Buena señal (-67 dBm o mejor). Esta es una intensidad de señal fuerte y adecuada para la mayoría de las aplicaciones, incluyendo voz y datos.
Verde claro		Señal aceptable. Esta es una intensidad de señal que aún es adecuada para la mayoría de las aplicaciones, pero puede no ser tan robusta como la señal verde oscuro.
Amarillo		Señal débil (-80 dBm o mejor). Esta intensidad de señal puede ser suficiente para algunas aplicaciones básicas de datos, pero no es ideal para aplicaciones que requieren más ancho de banda, como la voz o el video.
Gris		Sin señal o señal muy pobre (menos de -80 dBm). En estas áreas, la señal es insuficiente para mantener una conexión Wi-Fi fiable.

Como se puede observar en las imágenes, la institución educativa cuenta con un total de 21 routers en los distintos salones y 5 routers en áreas administrativas y áreas comunes, cada uno operando como una red independiente. Esto significa que cada salón tiene su propia red, accesible únicamente para los estudiantes de ese salón. Sin embargo, este diseño presenta ciertas limitaciones. Durante los descansos, la mayoría de los estudiantes, incluidos los de los pisos superiores, se reúnen en las canchas deportivas de la planta baja. Esto provoca que los estudiantes de los pisos superiores experimenten una señal débil debido a la distancia de sus routers. Además, al estar los routers ubicados dentro de los salones, la señal se atenúa aún más, lo que afecta la calidad de la transmisión.

Conexión de la alimentación eléctrica

Durante la fase de diagnóstico de la red actual de la institución, se realizó un análisis de la alimentación eléctrica de los equipos. Se constató que los 26 equipos existentes, uno en cada curso, están siendo alimentados directamente por la corriente disponible en las aulas. No existe una instalación eléctrica específica dedicada a estos equipos; en su lugar, se utiliza la alimentación general de la institución.

Este enfoque presenta varios inconvenientes. Al no contar con una instalación eléctrica dedicada para los equipos, se incrementa el riesgo de sobrecargas y fallos eléctricos. Además, la falta de una infraestructura eléctrica adecuada puede afectar el rendimiento y la estabilidad de la red, ya que las fluctuaciones en el suministro eléctrico podrían dañar los equipos y provocar interrupciones en el servicio.

Configuración de los equipos, velocidades y anchos de banda

Uno de los puntos importantes de esta sección era ingresar a los equipos para evaluar el tipo de seguridad que emplean, su configuración, las velocidades y los canales que utilizan. Sin embargo, el proveedor de internet, que es dueño de los equipos, no nos autorizó el acceso a los mismos. Por lo tanto, se tomó la decisión de realizar el análisis utilizando herramientas como iPerf y pruebas de velocidad en línea, para obtener resultados sobre la latencia y las velocidades de la red.

En el análisis de la red del colegio, se realizaron pruebas de velocidad utilizando iPerf y una página de prueba de velocidad, en los cursos con capacidad para 22 estudiantes cada uno. Cabe mencionar que durante estas pruebas, no había otros usuarios conectados, por lo que los resultados reflejan el rendimiento máximo posible de la red en esas condiciones.

Resultados de iPerf:

- Primera prueba: Durante los primeros 10 segundos, el ancho de banda medido fue de aproximadamente 86.9 Mbps.
- Segunda prueba: En los siguientes 10 segundos, el ancho de banda medido fue de aproximadamente 121 Mbps.
- Tercera prueba: Los 10 segundos, el ancho de banda medido fue de aproximadamente 88.5 Mbps.

Estos resultados muestran una variabilidad en el ancho de banda, con un valor máximo de 121 Mbps y mínimos de 86.9 Mbps. Esto puede indicar fluctuaciones en la red Wi-Fi debido a varios factores, como interferencias, calidad del equipo o configuración del equipo.

Resultados de Pruebas de Velocidad

- Latencia (Ping): 3 ms.
- Velocidad de subida: 98.65 Mbps.
- Velocidad de bajada: 98.18 Mbps.

Estos resultados son bastante buenos y muestran que la conexión a internet tiene baja latencia y buenas velocidades tanto de subida como de bajada. El diagnóstico revela que la red inalámbrica del colegio puede manejar un ancho de banda considerable, aunque presenta alguna variabilidad. La latencia es excelente y las velocidades de subida y bajada son muy buenas, lo que indica que la conexión a internet es adecuada para las necesidades escolares, incluyendo transmisión de video, navegación web y descargas. Sin embargo, es importante considerar que estos resultados se obtuvieron en un entorno sin usuarios conectados. Con la presencia de los 22 estudiantes, es probable que el ancho de banda disponible para cada uno disminuya.

2.2.2. Áreas de Alta Demanda de Conectividad

En la institución educativa, el tráfico de las redes es relativamente uniforme en cada curso. Sin embargo, durante las horas de descanso o en eventos estudiantiles, los estudiantes tienden a concentrarse en las canchas deportivas como se muestra en la figura 2.13, lo que genera un mayor tráfico en esas áreas durante esos periodos.

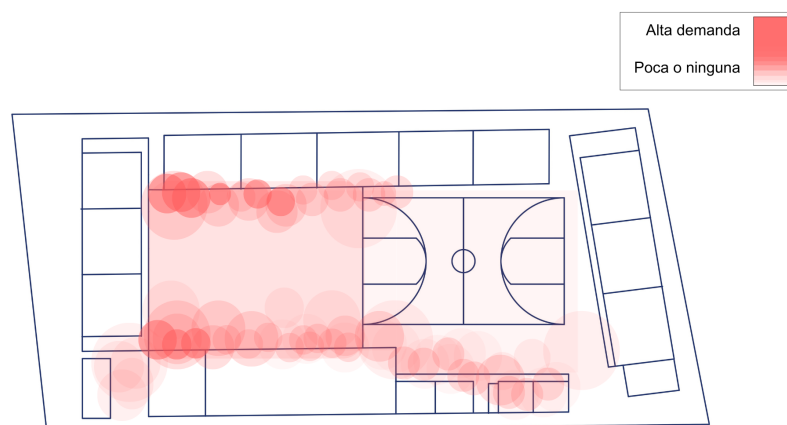


Figura 2.13: Áreas de alta demanda

Actualmente, las redes de las aulas de clase son exclusivas para los estudiantes de cada curso, por lo tanto, los estudiantes de los pisos superiores no tienen acceso a las redes de la planta baja. En el diseño propuesto, se plantea una sola red para todos los estudiantes. Por ello,

es indispensable identificar las áreas de alta concentración de tráfico durante las horas libres para una adecuada distribución de los nuevos equipos.

2.3. Propuesta de Red

2.3.1. Selección de equipos de red

Como se muestra en la Figura 2.13 las áreas de alta demanda se encuentran en la planta baja, generando la mayor cantidad de tráfico. Por lo tanto, se decidió utilizar en la planta baja los equipos TP-Link EAP660 HD [40] debido a su gran cobertura y capacidad para manejar grandes cantidades de tráfico, el equipo es representado en la Figura 2.14. Además, se emplearán equipos TP-Link EAP610 [41], ideales para gestionar tráfico moderado representado en la Figura 2.15. En esta subsección se presentan las características de los equipos utilizados para la distribución de la red.



Figura 2.14: TP-Link EAP660 HD.

El EAP660 de TP-Link, que se muestra en la Figura 2.14 , cuenta con las características detalladas en la Tabla 2.5, extraídas de la página de TP-Link [40].

Tabla 2.5: Características del TP-Link EAP660 HD

Características	Valor
Puerto Ethernet	1x 2.5Gbps
Botones	Restaurar a valores de fábrica
Estándares Inalámbricos	IEEE 802.11ax/ac/n/g/b/a
Frecuencia	2.4 GHz and 5 GHz
Tasa de Señal	5GHz Up to 2402Mbps 2.4GHz Up to 1148Mbps
Fuente de Alimentación Externa	12V, 18.5W
Potencia de Transmisión	CE: <20 dBm (2.4 GHz, EIRP); <23 dBm (5 GHz, EIRP) FCC: <24 dBm (2.4 GHz); <24 dBm (5 GHz)
Precio en dólares	\$294
PoE	12 W.



Figura 2.15: TP Link EAP610.

El EAP610 de TP-link representando en la Figura 2.15 cuenta con las características que se muestran en la Tabla 2.6 extraídos de la página de TP-Link [41].

Tabla 2.6: Características del TP Link EAP610

Características	Valor
Puerto Ethernet	1x 2.5Gbps
Botones	Restaurar a valores de fábrica
Estándares Inalámbricos	IEEE 802.11ax/ac/n/g/b/a
Frecuencia	2.4 GHz and 5 GHz
Tasa de Señal	5GHz Up to 1201 Mbps 2.4GHz Up to 574 Mbps
Fuente de Alimentación Externa	12V, 1A
Potencia de Transmisión	CE: <20 dBm(2.4 GHz, EIRP); <23 dBm(5 GHz banda1/2, EIRP) <25 dBm (5 GHz banda3)
Precio en dólares	\$129
PoE	11.0 W.

Además, se consideraron los equipos necesarios para la gestión de la red, incluyendo el router principal (router de borde) representado en la Figura 2.16, aunque generalmente este router es proporcionado por el ISP. También se incluyeron switches y un rack representados en las Figuras: Figura 2.17 y Figura 2.18 respectivamente, los cuales se ubicaran en el cuarto de máquinas. Este cuarto, diseñado específicamente para albergar todos los dispositivos de red, está ventilado y desde él se distribuyen los cables hacia el resto de la institución.



Figura 2.16: MikroTik CCR1009-7G-1C-1S+.

El MikroTik CCR1009-7G-1C-1S+ que se muestra en la Figura 2.16 ofrece un rendimiento excepcional, con una capacidad de procesamiento de hasta 1.2 millones de paquetes por segundo. Esto es indispensable para manejar el tráfico generado por 250 usuarios y un gran laboratorio de computación, garantizando una conexión rápida y confiable. Además, la red propuesta debe ser totalmente escalable para ser implementada en cualquier institución. Este modelo cuenta con una variedad de puertos, incluyendo 7 puertos Gigabit Ethernet, un puerto combo Gigabit Ethernet/SFP y un puerto SFP+ de 10G. Esta diversidad permite una

configuración flexible y la capacidad de adaptarse a diferentes necesidades de conectividad dentro de la institución, a continuación en la Tabla 2.7 se muestran las características de este equipo según su hoja de especificaciones [42].

[42]

Tabla 2.7: Especificaciones del CCR1009-7G-1C-1S+

Características	Valor
Modelo	CCR1009-7G-1C-1S+
Arquitectura	TILE
CPU	TLR4-00980
CPU core count	9
l Frecuencia Nominal CPU	1.2 GHz
Memoria RAM	2GB
Memoria de almacenamiento	128MB flash
Puerto combo	1
Puerto SFP	2
Puertos ethernet 10/100/1000	7
Dimensiones	443 x 175 x 44 mm
Sistema Operativo	RouterOS
Puerto USB	1x microUSB tipo AB
Puerto SmartCard	1x mini SIM
Slot de memoria	1x para tarjeta microSD
Serial	RS232
Consumo máximo de potencia	39 W
Tipo de refrigeración	2 ventiladores
AC input range	100-240
Número de entradas DC	1 (PoE-IN)
Máximo consumo de potencia sin accesorios	34 W
PoE in	Passive PoE
PoE in input Voltage	15-57 V



Figura 2.17: Switch TL-SG2428P.

Además, este equipo posee las características que se detallan en la tabla 2.8 según de el manual del equipo [43].

Tabla 2.8: Especificaciones Switch TL-SG2428P

Características	Valor
Estándares y Protocolos	IEEE 802.3i, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE802.3z, IEEE 802.3ad, IEEE 802.3x, IEEE 802.3az, IEEE 802.1d, IEEE 802.1s, IEEE 802.1w, IEEE 802.1q, IEEE 802.1p, IEEE 802.1x
Interfaz	• 24 puertos Gigabit • 4 × ranuras SFP Gigabit
Fuente de Alimentación	100-240V AC, 50/60Hz
Consumo de Potencia	• 294,7 W (220 V / 50 Hz, con PD de 250 W conectado)
Puertos PoE+ (RJ45)	• Estándar: compatible con 802.3at / af • Puertos PoE +: 24 puertos • Suministro PoE: 250 W
Dimensiones	440 × 220 × 44 mm (17.3 × 8.7 × 1.73 in)

El rack destinado para los routers y switches del cuarto de máquinas debe cumplir con las siguientes especificaciones mínimas: 9 unidades de rack (9U), capacidad de carga de hasta 66 kg, y dimensiones de 600 mm de ancho, 753 mm de alto y 535 mm de profundidad, pero para mejor comodidad al manipular los equipos, se recomienda el uso de un rack de 12 unidades como el que se muestra en la Figura 2.18.



Figura 2.18: Rack de 12U.

Se decidió utilizar estos equipos debido a que los AP mencionados son MIMO, lo cual nos permite gestionar varios usuarios simultáneamente. En el diseño de la red para nuestra institución educativa, al seleccionar equipos que puedan manejar eficazmente grandes cantidades de tráfico. Considerando que contamos con un laboratorio de computación con 22 equipos por lo cual, el equipo para el laboratorio de computación debe contar con al menos 24 puertos Ethernet como el que se muestra en la Figura 2.17, dado que actualmente el laboratorio dispone de 22 computadoras.

Para el diseño de nuestra red, es necesario incorporar un switch adicional, como el que se muestra en la Figura 2.19, para implementar STP y mejorar la seguridad del sistema.



Figura 2.19: TL-SG3210XHP-M2.

Es necesario el uso de APC (Automatic Power Conditioner) el cual es representado en la Figura 2.20 para la protección de equipos críticos en la red debido a su capacidad para proporcionar una fuente de energía estable y protegida. Los APCs son esenciales para evitar daños causados por fluctuaciones de voltaje, picos de corriente y cortes de energía. Estas condiciones eléctricas adversas pueden afectar negativamente el rendimiento de los dispositivos electrónicos sensibles y, en casos extremos, causar fallos permanentes es decir que al incorporar un APC en la infraestructura de red, se asegura que los routers, switches y otros equipos vitales operen de manera eficiente y continua, minimizando el riesgo de interrupciones en el servicio y protegiendo la integridad de los datos.



Figura 2.20: CyberPower CP1500AVRLCD3.

El APC propuesto es el CyberPower CP1500AVRLCD3 mostrado en la figura 2.20 para la protección de equipos críticos debido a su capacidad de proporcionar una fuente de energía estable y confiable. Este APC no solo protege contra apagones, sino que también regula automáticamente las fluctuaciones de voltaje, previniendo daños causados por picos de energía y caídas de tensión. Con una capacidad de 1500VA/900W citeUPCfuerte, es adecuado para respaldar routers, switches y otros dispositivos esenciales en una red. Además, su pantalla

LCD multifunción ofrece una visión clara del estado del APC y de las condiciones de energía, alertando a los usuarios sobre problemas potenciales antes de que afecten a los equipos críticos.



Figura 2.21: APC Back-UPS 600VA (BE600M1).

También se propone el uso del APC Back-UPS 600VA (BE600M1) que se muestra en la Figura 2.21 en el laboratorio de computación y en el área de administración porque estos entornos requieren una protección fiable contra sobretensiones y fluctuaciones de voltaje, pero no demandan la alta capacidad de respaldo de un modelo más grande. En el laboratorio de computación, un solo switch está conectado a un UPS, mientras que en el área de administración, un switch TL-SG2428P que alimenta por PoE a 5 Access Points está conectado a otro UPS. Este modelo de UPS es una solución eficiente y económica que asegura la continuidad del servicio y la protección de los equipos conectados.

A continuación se presenta un cálculo matemático para determinar el consumo de energía de los equipos.

Cálculo de Consumo y Capacidad del UPS

■ CyberPower CP1500AVRLCD3

- Capacidad: 1500VA / 900W
- **Dispositivos Conectados**
 - Router MikroTik CCR1009-7G-1C-1S+: ~40W
 - Switch TL-SG2428P (x2): ~294.7W cada uno, total 589.4W (cuando alimentan dispositivos PoE)
 - Switch TL-SG3210XHP-M2: ~60W

- **Consumo Total Estimado**

$$40W + 589,4W + 60W = 689,4W$$

- **Capacidad Disponible para Futuros Dispositivos**

- Capacidad del UPS: 900W
- Consumo Actual: 689.4W
- Capacidad Restante:

$$900W - 689,4W = 210,6W$$

- **APC Back-UPS 600VA (BE600M1)**

- Capacidad: 600VA / 330W

- **Dispositivos Conectados**

- Laboratorio de Computación:
 - ◇ Switch del Laboratorio de Computación: ~30W
- Área de Administración:
 - ◇ Switch TL-SG2428P: ~294.7W (cuando alimenta dispositivos PoE)

- **Consumo Total Estimado**

Laboratorio de Computación: 30W

Área de Administración: 294,7W

- **Capacidad Disponible para Futuros Dispositivos**

- Capacidad del UPS en el Laboratorio de Computación: 330W
- Consumo Actual en el Laboratorio de Computación: 30W
- Capacidad Restante en el Laboratorio de Computación:

$$330W - 30W = 300W$$

- Capacidad del UPS en el Área de Administración: 330W

- Consumo Actual en el Área de Administración: 294.7W
- Capacidad Restante en el Área de Administración:

$$330W - 294,7W = 35,3W$$

Esto significa que el CyberPower CP1500AVRLCD3 tiene capacidad suficiente para abastecer los dispositivos actuales y permite conectar dispositivos adicionales en el futuro, hasta un consumo adicional de aproximadamente 210.6W.

Esto significa que el APC Back-UPS 600VA (BE600M1) en el laboratorio de computación es adecuado para el consumo actual de 30W con capacidad adicional de 300W para futuros dispositivos. En el área de administración, es adecuado para el consumo actual de 294.7W, con una capacidad adicional limitada de 35.3W para futuros dispositivos.

2.3.2. Distribución física de equipos de red

Actualmente, el plantel no cuenta con un cuarto de máquinas, por lo que se tomó la decisión de ubicarlo en el primer piso, cerca del laboratorio de audiovisuales. Ubicarlo cerca del laboratorio de audiovisuales facilita una conexión más rápida y directa con los recursos tecnológicos necesarios para las clases, beneficiando a todos los estudiantes y profesores que utilicen esta tecnología en sus actividades diarias.

Además, este salón cuenta con su propia entrada independiente como se muestra en la figura 2.22 donde *R* representa el cuarto de máquinas, lo que nos permite controlar mejor el acceso y asegurar que solo el personal autorizado pueda ingresar. Esto es fundamental para mantener la integridad y seguridad del equipo de telecomunicaciones, evitando interferencias y accesos no autorizados.

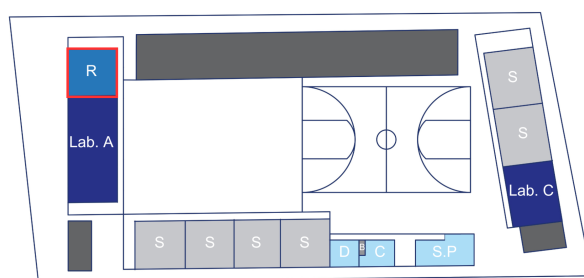


Figura 2.22: Cuarto de máquinas

Por otro lado, el salón que actualmente se encuentra en esa área será trasladado a uno de los salones disponibles en la segunda planta. Esta reubicación es posible porque hay espacios sin uso en la segunda planta que pueden adaptarse fácilmente para las actividades que se realizaban en el primer piso. De esta manera, estamos aprovechando al máximo el espacio del edificio y asegurando que cada área se utilice de manera eficiente.

Distribución de equipos y cableado

Para la distribución física de los equipos, se decidió utilizar canaletas para los cables UTP, ya que los equipos seleccionados son compatibles con PoE (Power over Ethernet), lo que elimina la necesidad de una instalación eléctrica adicional. Esto hace que la alimentación a través de PoE sea la opción más beneficiosa y eficiente para nuestra configuración. Por lo tanto, es fundamental considerar el diámetro adecuado de la canaleta para asegurar una distribución correcta y organizada del cableado, como se detalla a continuación:

■ Datos

- Número de Cables UTP: 5
- Diámetro de Cables UTP: 6 mm cada uno
- Número de Cables de Fibra Óptica Dúplex: 1 (equivale a 2 fibras ópticas)
- Diámetro de Cada Cable de Fibra Óptica: 3 mm

■ Calcula el área total necesaria de la canaleta

$$\text{Área de un cable UTP: } \approx \pi \left(\frac{6 \text{ mm}}{2} \right)^2$$

$$\text{Área de un cable de fibra óptica dúplex (2 cables): } \approx 2 \left(\pi \left(\frac{3 \text{ mm}}{2} \right)^2 \right)$$

$$\text{Total para 5 cables UTP: } 5 \times 28,27 \text{ mm}^2$$

$$\text{Total para 1 cable de fibra óptica dúplex: } 2 \times 7,07 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área total necesaria: } 141,35 \text{ mm}^2 + 14,14 \text{ mm}^2 = 155,49 \text{ mm}^2$$

■ Margen de Espacio para las Canaletas

$$\text{Área total con margen de espacio adicional: } 155,49 \text{ mm}^2 \times 2 = 310,98 \text{ mm}^2$$

Para ello, es necesario utilizar varias canaletas que se ajusten a las necesidades del proyecto. En las Figuras 2.23, 2.24, 2.25 se representan en color naranja las canaletas de la planta baja, el primer piso y el segundo piso, respectivamente, mostrando el recorrido detallado de la canaleta a lo largo de la institución. Para ello, es necesario utilizar varias canaletas que vaya acorde a las necesidades del proyecto.

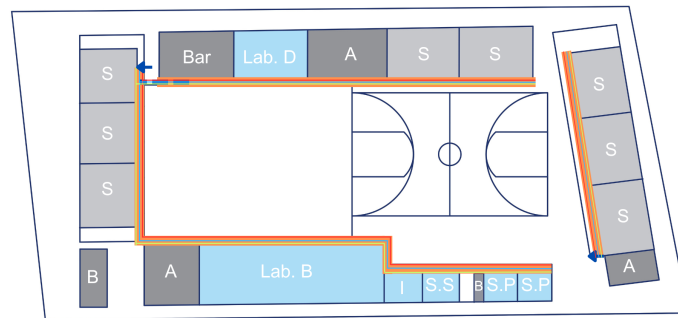


Figura 2.23: Canaletas para el cableado de la planta baja.

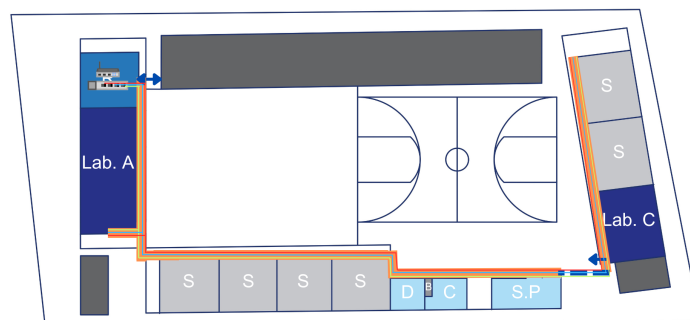


Figura 2.24: Canaletas para el cableado de la primer piso.

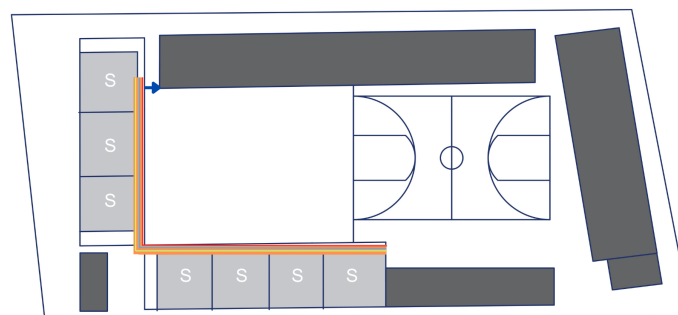


Figura 2.25: Canaletas para el cableado del segundo piso.

La Tabla 2.9 muestra el significado de los símbolos utilizados para representar el cableado de la red propuesta.

Tabla 2.9: Glosario de simbolos de 2.23, 2.24, 2.7

Símbolo	Descripción
	Puente aéreo.
	Canaleta.
	Canaleta que sube y baja.
	La canaleta viene desde abajo.
	La canaleta viene desde arriba.

Asimismo, se presenta la longitud del cableado necesario para la conexión de los equipos. La Figura 2.26 muestra la longitud del cableado necesario en la planta baja, la Figura 2.27 muestra la longitud del cableado en el primer piso, y la Figura 2.28 muestra la longitud del cableado en el segundo piso.

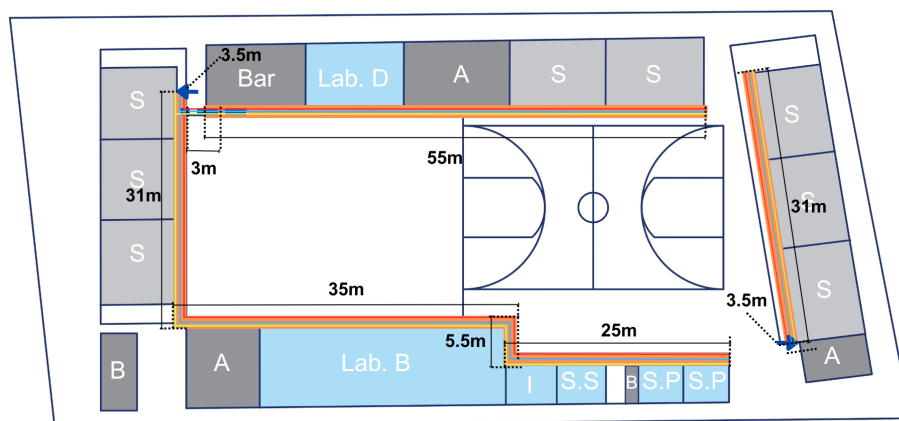


Figura 2.26: Longitud del cableado de la planta baja

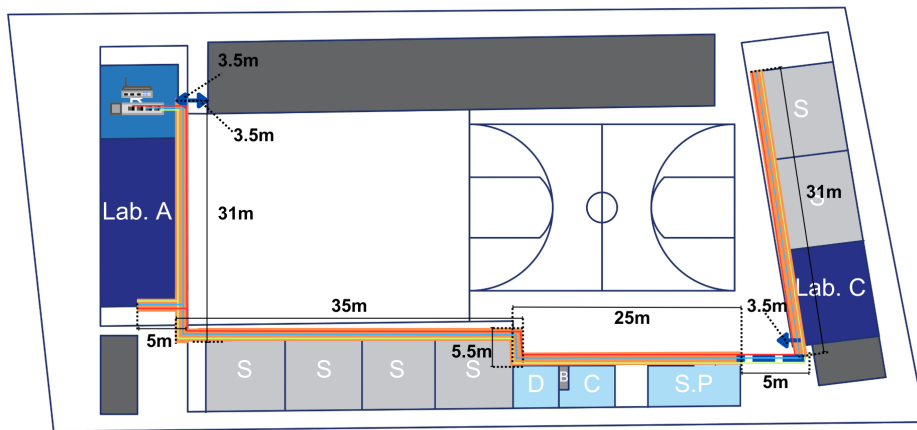


Figura 2.27: Longitud del cableado del primer piso

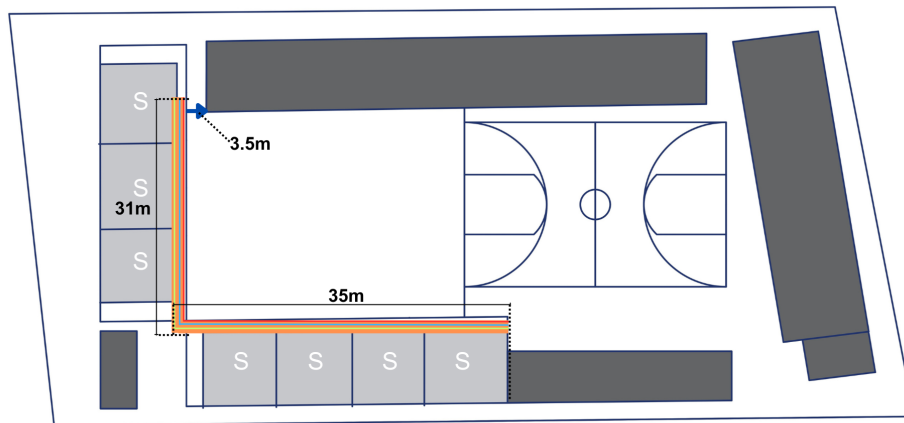


Figura 2.28: Longitud del cableado del segundo piso

Estas medidas permitirán que el recorrido del cableado se adapte a la infraestructura de la institución. En consecuencia, el punto de acceso (AP) más alejado del cuarto de máquinas supera una distancia de 100 metros. Por lo tanto, es necesario implementar segmentos intermedios debido a las limitaciones inherentes al cable UTP.

La ubicación más óptima para el salto sería en el primer piso, como se muestra en la figura 2.29. Del mismo modo, el switch debería estar en la sala de dirección por razones de seguridad y ubicación.

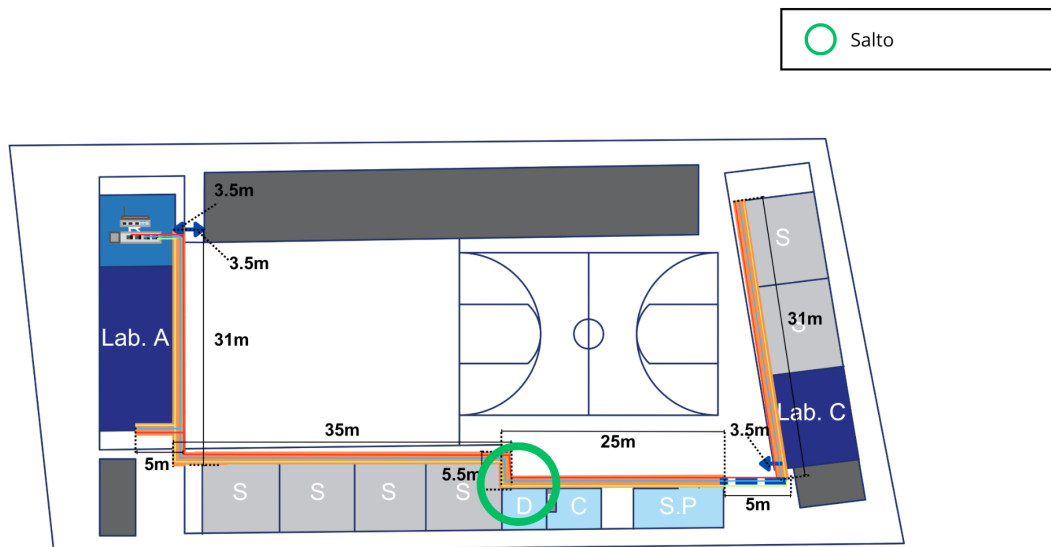


Figura 2.29: Longitud del cableado del segundo piso con segmento intermedio

Una vez planificada la distribución del cableado necesario para los equipos de red, la Figura 2.30 muestra la representación de cómo están ubicados los equipos en nuestro diseño de red.

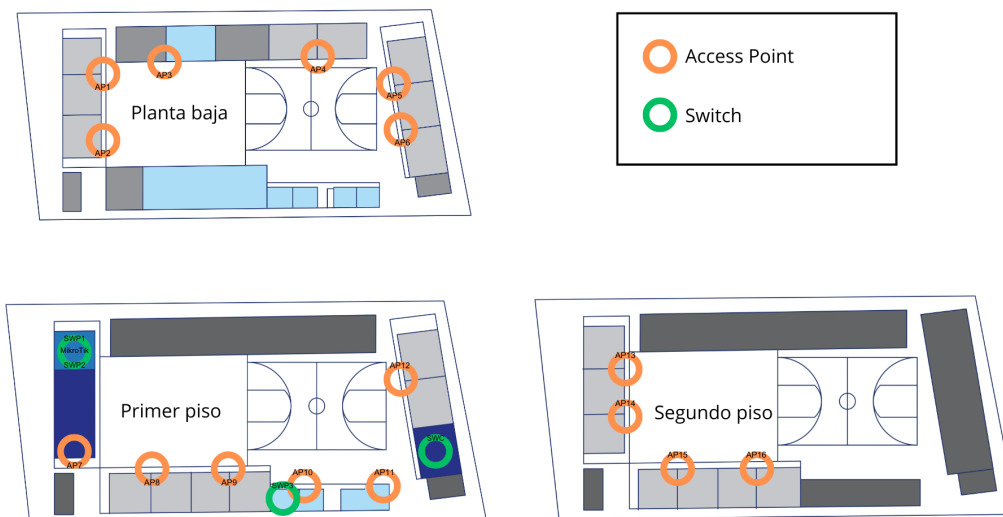


Figura 2.30: Vista aérea de la distribución de los equipos

El círculo de color naranja representa la ubicación de los Access Point (AP), y el círculo de color verde representa la ubicación de un switch necesario para esa área.

En la Figura 2.31 se muestra un diagrama elaborado con Cisco Packet Tracer, con el fin de servir como referencia para visualizar la cantidad de equipos de red, distribuidos en cada uno

de los pisos de la institución. Este esquema es únicamente representativo y fue creado utilizando Cisco Packet Tracer debido a su flexibilidad y utilidad en la elaboración de diagramas de red.

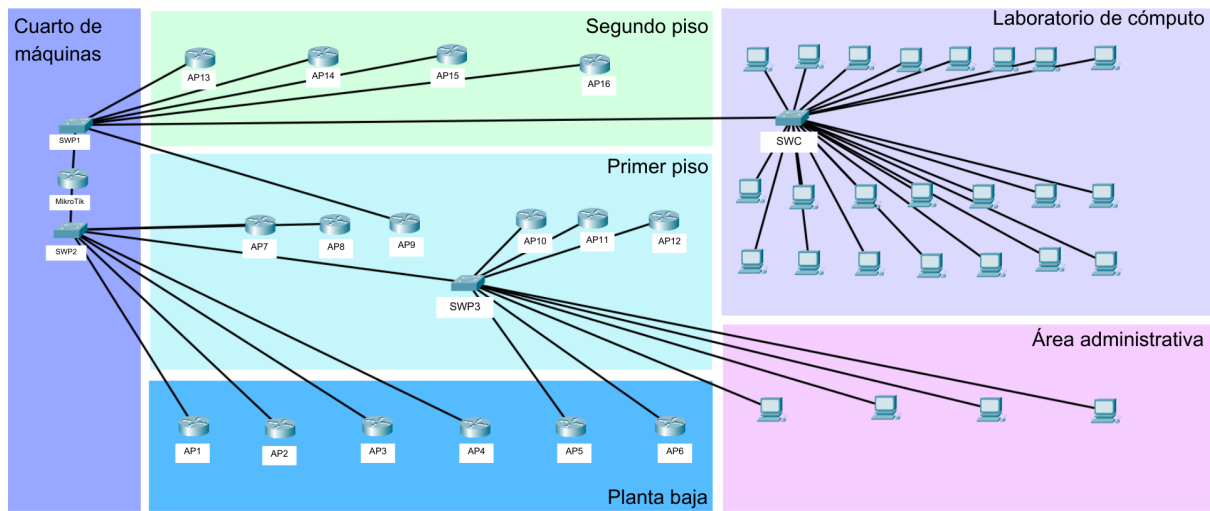


Figura 2.31: Distribución de los equipos

En la Tabla 2.10, se presenta el significado de las variables y el equipo que cada una representa.

Tabla 2.10: Significado de las Variables los Equipos propuestos

Variable	Equipo
MikroTik	MikroTik CCR1009-7G-1C-1S+
SWP1, SWP2, SWP3	Switch TL-SG1218MP
SWC	Switch TL-SG1218MP
AP1,2,3	TP-Link EAP660 HD
AP4 – 16	TP Link EAP610

2.3.3. Alcance y cobertura de la red

En el diseño de la red propuesta se utilizaron los equipos mencionados en la sección 2.3.1 por ello, con ayuda del programa Ekahau el cual ideal para este tipo de propuestas de red, gracias a esto, se pudo determinar la posición óptima de los equipos y predecir el alcance de sus coberturas. Además, se tomaron en cuenta las dimensiones de la institución para que el análisis sea más realista. Los resultados se representan mediante los siguientes diagramas:

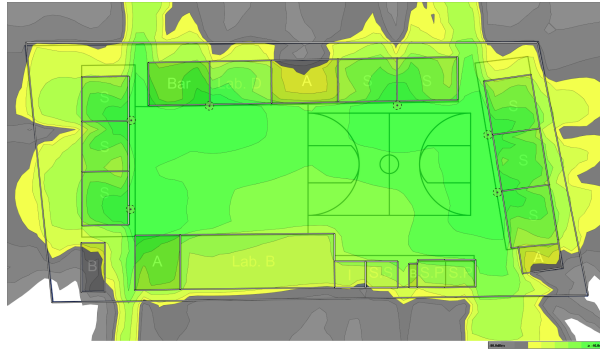


Figura 2.32: Cobertura propuesta de la planta baja

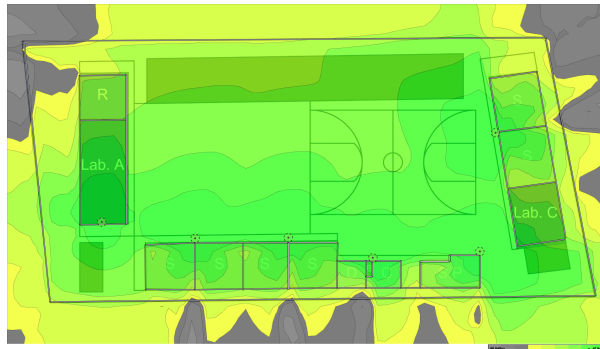


Figura 2.33: Cobertura propuesta del primer piso

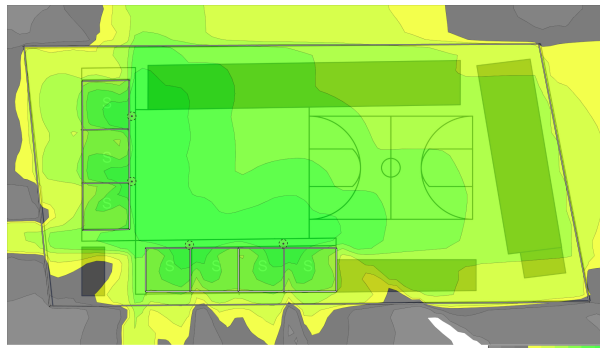


Figura 2.34: Cobertura propuesta del segundo piso

Es necesario retroceder a la figura 2.13, la cual representa un mapa de calor con las áreas de mayor tráfico en la institución. Por este motivo, se decidió implementar en la planta baja equipos TP-Link EAP660 HD, debido a su alta cobertura y capacidad para administrar grandes cantidades de tráfico, este equipo se empleará únicamente en la planta baja, cuya cobertura está representada en la Figura 2.32. En el resto de pisos, donde el tráfico es más moderado, se optó por el uso de TP-Link EAP610, debido a su precio más accesible, ya que se requerirán más de estos equipos. Este modelo es muy similar al mencionado anteriormente, aunque con una capacidad ligeramente menor para administrar usuarios, la cobertura y posición de estos

equipos se muestran en las Figuras: en la Figura 2.33 muestra la cobertura del primer piso y la Figura 2.34 muestra la cobertura del segundo piso.

A diferencia del análisis de cobertura presentado en la sección 2.2.1, se planea utilizar un total de 16 equipos AP, ubicados estratégicamente fuera de los salones para cubrir una mayor área, abarcando los salones de clases, las áreas administrativas y las áreas comunes. Esto contrasta con los 26 equipos que actualmente se utilizan en la institución.

2.3.4. Parámetros de configuración de equipos

Al utilizar los AP de TP-Link, estos equipos tienen acceso al Omada Controller, el cual facilita la configuración y gestión de los dispositivos al implementar la red propuesta. Al trabajar únicamente con simulación, se decidió utilizar el programa de simulación Cisco Packet Tracer para recrear el entorno de la red.

Direccionamiento IP

El direccionamiento IP de clase B es ideal para instituciones de tamaño medio, como colegios y medianas empresas. La red 172.10.0.0/16 fue seleccionada debido a su capacidad para soportar hasta 65,534 hosts, dividida en subredes para una gestión más eficiente.

■ Especificaciones de Diseño:

- Red base: 172.10.0.0/16
- Subredes: 64 subredes /22
- Capacidad de hosts por subred: 1022 hosts

■ Configuración de la LAN

- Subred utilizada: 172.10.0.0/22
- Rango de IP utilizables: 172.10.0.1 - 172.10.3.254
- Dirección de broadcast: 172.10.3.255

Se utilizó la primera subred para las configuraciones de la LAN, la red es 172.10.0.0/22 siendo desde la IP 172.10.0.1 la primera IP utilizable hasta la IP 172.10.3.254 la última utilizable con broadcast la IP 172.10.3.255.

Protocolos y configuraciones

Al tener un gran número de usuarios, se implementó enrutamiento dinámico para la asignación de direcciones IP. Además, se estableció una red con direccionamiento de clase B, utilizando técnicas avanzadas como Port-Channel y STP (spanning tree protocol). Esto asegura una infraestructura robusta y escalable. La administración centralizada y la segmentación eficiente complementan la experiencia de usuario, proporcionando seguridad y optimización.

La institución educativa implementará tres redes WiFi distintas: una para estudiantes, otra para docentes y una tercera para invitados. Esta separación permite gestionar de manera eficiente el acceso y la seguridad de cada grupo de usuarios, asegurando un entorno de aprendizaje seguro y adaptado a las necesidades específicas de cada tipo de usuario.

Capítulo 3

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la simulación, así como el análisis de los costos de cableado, equipos y el presupuesto necesario para implementar el diseño de la red.

3.1. Simulación del diseño de la red mediante Cisco Packet Tracer

Tracer

Por medio de Cisco Packet Tracer se simuló la red propuesta que se muestra en la Figura 3.1 cabe mencionar que se empleó la primera subred para las configuraciones de la LAN, utilizando la red 172.10.0.0/22. Las direcciones IP van desde 172.10.0.1 como la primera dirección utilizable hasta 172.10.3.254 como la última dirección utilizable, con 172.10.7.255 como la dirección de broadcast.

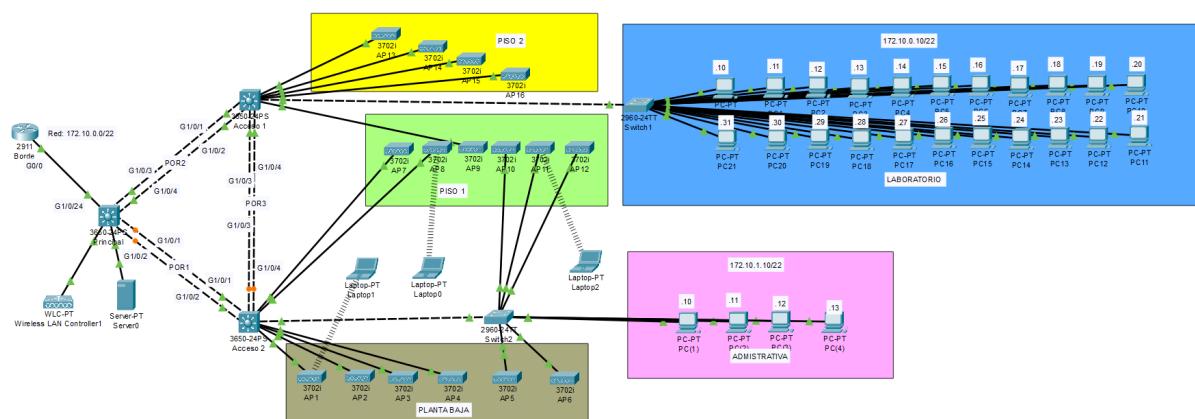


Figura 3.1: Distribución de los equipos a simular

Debido a ciertas características del simulador, fue necesario emplear un Wireless LAN Controller y un servidor DHCP, que serían equivalentes al uso de Omada Controller, para configurar los equipos TP-Link propuestos en nuestro diseño.

Lo principal debería ser crear una sola SSID para resolver el problema de las múltiples redes para estudiantes que actualmente existen en el plantel. Con la ayuda del Omada Controller, en este caso utilizando el Wireless LAN Controller, como se muestra en la Figura 3.2.

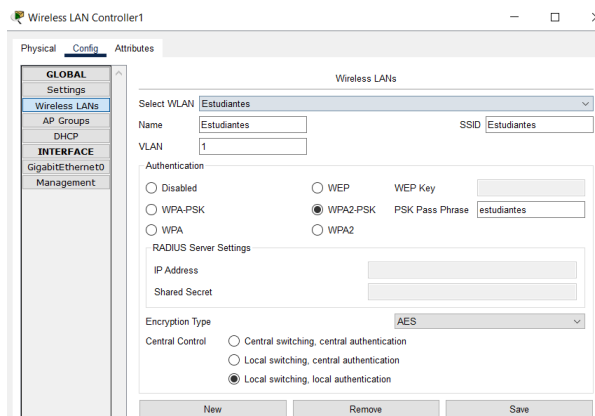


Figura 3.2: Configuración de SSID

Al configurar el servidor DHCP para asignar IPs automáticamente a los dispositivos conectados a los SSID “Estudiante”, “Docentes” e “Invitados” esta configuración se logro por medio de Wireless LAN Controller, en este caso por simulación como se muestra en la Figura 3.3, al implementarse este diseño, la subredes se gestionarán por medio de Omada Controller.

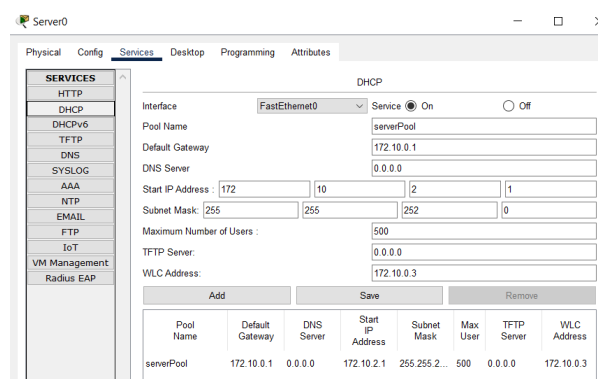


Figura 3.3: Asignación de IPs

Al configurar los switches principales, se utilizó el protocolo Spanning Tree Protocol (STP) para prevenir bucles de red y tormentas de broadcast. Además, se configuró un port-channel ethernet entre los puertos Gigabit Ethernet de los switches para asegurar

redundancia y alta disponibilidad como se muestra en la Figura 3.4. Se implementó la utilización de VLAN 1 por defecto para la segmentación de la red inalámbrica mediante el Wireless LAN Controller. También se configuraron las interfaces en modo troncal para asegurar la conectividad en anillo entre los switches.

```
configure terminal
interface range GigabitEthernet0/1 - 4
channel-group 1 mode active
exit
interface Port-channel1
switchport mode trunk
exit
```

Figura 3.4: Configuración de Port-Channel

En cuanto a la topología, el Router de Borde está conectado al switch principal, el cual a su vez está integrado en un anillo cerrado con los dos switches de acceso los cuales tienen las siguientes funciones:

- **Switch de Acceso 1:** Conecta los puntos de acceso (APs) con configuración dinámica (DHCP), además de la red de laboratorios con configuración estática.
- **Switch de Acceso 2:** Conecta el area Administrativa y la planta baja con los APs configurados con DHCP permitiendo la conexión a internet.

En la configuración de los Access Point, el Wireless LAN Controller administra todos los APs, segmentando la red según los SSID configurados. Además, el servidor DHCP asigna direcciones IP dinámicamente desde el pool (rango de direcciones IP) que en este caso comienzan desde la direccion 172.10.2.1.

De manera general la red se encuentra con un solo direccionamiento con la conectividad entre sus terminales y hacia el equipo de borde el cual simula al internet. Además, cuenta con redundancia en la red por su topología en anillo y la configuración PortChannel ante posibles caídas de los enlaces.

Para garantizar que la configuración de los equipos funcione correctamente, se realizó una prueba enviando pings desde el router principal a diferentes puntos de la red, tal como se muestra en la Figura 3.5.

```

Router>ping 172.10.1.13 → Sala de profesores
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.10.1.13, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms

Router>ping 172.10.2.7 → Laboratorio de computación
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.10.2.7, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms

Router>ping 172.10.0.20 → Access Point
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.10.0.20, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms

```

Figura 3.5: Transmisión de paquetes a través de la red

Tasa de éxito: 100 % (5/5) significa que los 5 paquetes enviados fueron recibidos con éxito.

Finalmente, para el diseño de la red, se recomienda utilizar uno de los protocolos de seguridad, como WPA2 o WPA3, los cuales están implementados en los equipos propuestos. De igual manera, se presenta una lista con las diferencias entre estos protocolos, en caso de que al momento de implementar no se utilicen los equipos propuestos.

■ WPA2 (Wi-Fi Protected Access II)

Descripción: Utiliza AES para encriptación, estándar durante muchos años.

Ventajas: Muy seguro, ampliamente soportado.

Desventajas: Puede ser vulnerable si se usan contraseñas débiles.

Recomendación: Recomendado, pero usar WPA3 si está disponible.

■ WPA3 (Wi-Fi Protected Access III)

Descripción: La versión más reciente, mejora la seguridad con encriptación más fuerte.

Ventajas: Mayor seguridad, más difícil de hackear, protección mejorada contra ataques de diccionario.

Desventajas: Puede no ser compatible con dispositivos más antiguos.

Recomendación: Altamente recomendado.

3.2. Optimización de la Cobertura de Red mediante Ekahau

Para evaluar y comparar la cobertura de la red actual y la red propuesta en la institución educativa Alfonso Lituma Corral, utilizamos el software de simulación Ekahau Site. Este software nos permitió modelar detalladamente la infraestructura del colegio y realizar simulaciones precisas de la red.

Para obtener valores más realistas, configuramos la simulación con la mitad de la potencia de transmisión de los equipos actualmente en uso, reflejando mejor las condiciones reales de operación y las limitaciones de cobertura.

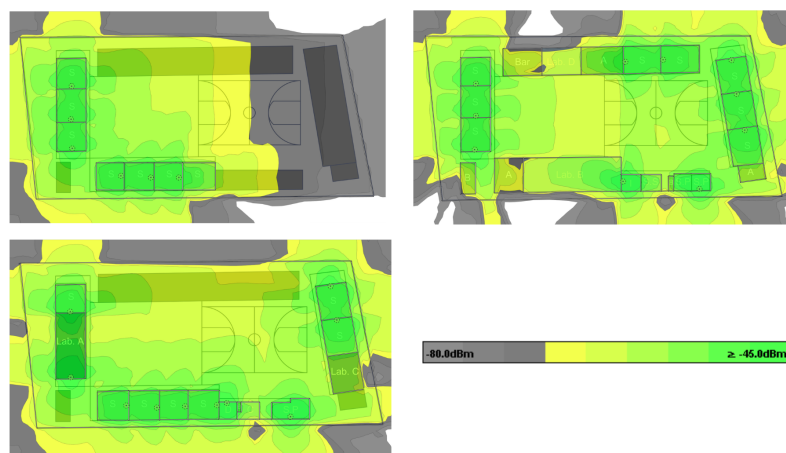


Figura 3.6: Cobertura de la red actual.

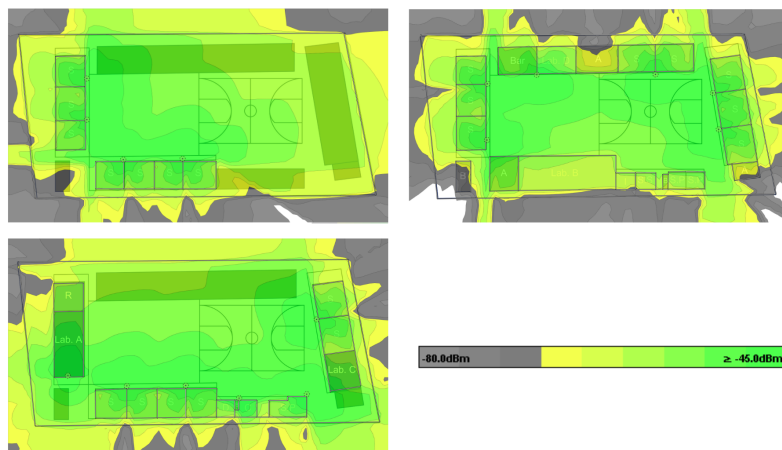


Figura 3.7: Cobertura de la red propuesta.

La simulación de mostrada en la Figura 3.7, tenemos menos cantidad de equipos, pero lo compensamos con una mejor cobertura en contraste de la red actual mostrada en la Figura 3.6.

Al distribuir los equipos de red y obtener las coberturas correspondientes, podemos generar este diagrama de barras que representa la distribución de la intensidad de la señal Wi-Fi en el área de visualización mostrado en la Figura 3.8. Este gráfico muestra el porcentaje del área total que recibe diferentes rangos de intensidad de señal, medidos en decibelios-miliwatios (dBm). La visualización nos permite identificar las zonas con buena y mala cobertura, facilitando la planificación y optimización de la ubicación de los puntos de acceso para asegurar una conectividad más uniforme y eficiente en todo el espacio.

■ **Significado de los Colores de las figuras 3.6,3.7,3.8 y 3.9:**

- *Gris*: Señales más débiles (por debajo de -70 dBm).
- *Amarillo*: Señales moderadamente fuertes (entre -70 dBm y -60 dBm).
- *Verde claro*: Señales fuertes (entre -60 dBm y -50 dBm).
- *Verde oscuro*: Señales muy fuertes (por encima de -50 dBm).

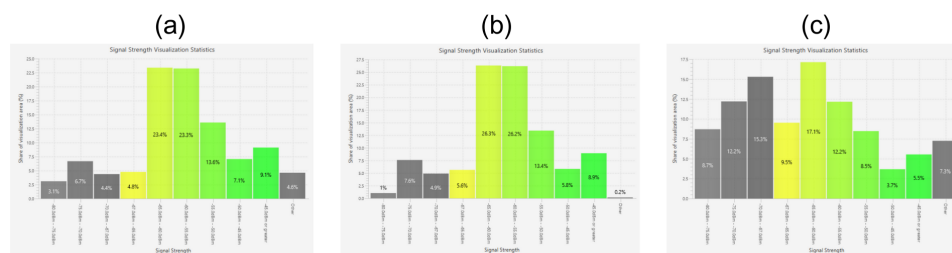


Figura 3.8: Cobertura de la red actual.

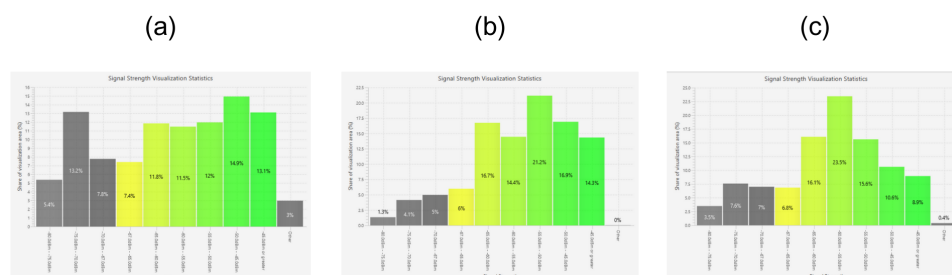


Figura 3.9: Cobertura de la red propuesta.

Donde 'a' representa la planta baja, 'b' el primer piso y 'c' el segundo piso. En el eje X se representa la potencia de la señal. La potencia de la señal se mide en decibelios-miliwatios

(dBm) y se divide en rangos, desde -90 dBm (señal muy débil) hasta -45 dBm o mayor (señal muy fuerte). Cada barra representa un rango específico de la potencia de la señal.

En el eje *Y* se representa el porcentaje del área de visualización. En ese eje se muestra el porcentaje del área total de la simulación que recibe la potencia de señal correspondiente en el eje *X*.

Análisis de la potencia actual en el instituto, figuras 3.6 y 3.8

■ Planta Baja (a)

- La planta baja presenta una cobertura predominantemente buena, con el 63.3 % del área cubierto por una señal en el rango de -60 dBm a -40 dBm, lo que es ideal para la mayoría de aplicaciones. Sin embargo, hay un 26.4 % del área donde la señal es de -70 dBm o peor, lo que indica zonas con mala cobertura.

■ Primer Piso (b)

- El primer piso presenta una cobertura predominantemente buena, con el 80.6 % del área cubierto por una señal en el rango de -60 dBm a -40 dBm, lo que es ideal para la mayoría de aplicaciones. Sin embargo, hay un 13.5 % del área donde la señal es de -70 dBm o peor, lo que indica zonas con mala cobertura. Estas áreas podrían estar ubicadas en zonas menos crítica

■ Segundo Piso (c)

- El segundo piso presenta una cobertura menos uniforme comparada con el primer piso, con solo el 47 % del área cubierto por una señal en el rango de -60 dBm a -40 dBm. Además, un 36.2 % del área tiene señal de -70 dBm o peor, indicando zonas significativas con mala cobertura. Esto sugiere la necesidad de ajustes y mejoras para lograr una cobertura más uniforme y eficiente.

Análisis de la potencia de la red propuesta en el instituto, figuras 3.7 y 3.9

• Planta Baja (a)

- La planta baja de la red propuesta muestra una mejora significativa con un 76.5 % del área cubierto por una señal en el rango de -60 dBm a -40 dBm,

lo que es ideal para la mayoría de aplicaciones. Sin embargo, hay un 14.2 % del área donde la señal es de -70 dBm o peor, lo que indica áreas con mala cobertura que necesitan atención para lograr una cobertura más uniforme.

- **Primer Piso (b)**

- El primer piso de la red propuesta presenta una cobertura predominantemente buena, con el 83.5 % del área cubierto por una señal en el rango de -60 dBm a -40 dBm, lo que es ideal para la mayoría de aplicaciones. Solo un 10.4 % del área tiene señal de -70 dBm o peor, lo que indica una mejora significativa en comparación con la cobertura actual.

- **Segundo Piso (c)**

- El segundo piso de la red propuesta muestra una cobertura buena, con el 74.7 % del área cubierto por una señal en el rango de -60 dBm a -40 dBm. Sin embargo, un 18.1 % del área tiene señal de -70 dBm o peor, lo que indica la necesidad de posibles ajustes adicionales para mejorar la cobertura en ciertas zonas.

La comparación entre la distribución actual y la propuesta de la cobertura de señal en la institución muestra mejoras significativas en varios aspectos. A pesar de que la red propuesta utiliza una menor cantidad de equipos, la cobertura es notablemente superior debido a la ubicación estratégica de los dispositivos.

En la planta baja, la red actual muestra que el 63.3 % del área está cubierto por una señal fuerte (entre -60 dBm y -40 dBm), pero hay un 26.4 % del área con señales débiles (peores que -70 dBm). La red propuesta, sin embargo, logra cubrir el 76.5 % del área con señales fuertes y reduce las áreas con señales débiles al 14.2 %. Esto indica que la red propuesta ha logrado optimizar la cobertura, mejorando la calidad de la señal en zonas críticas.

En el primer piso, la red actual tiene un 52.5 % del área con buena señal y un 16.6 % del área con mala cobertura. La red propuesta muestra una mejora sustancial con el 83.5 % del área cubierto por una señal en el rango de -60 dBm a -40 dBm, y solo un 10.4 % del área con mala cobertura. Esto demuestra que la red propuesta ha sido configurada para maximizar la eficiencia y proporcionar una conectividad más uniforme.

El segundo piso de la red actual presenta el mayor desafío, con solo el 29.3 % del área cubierto por buena señal y un 33.5 % del área con mala cobertura. En contraste, la

red propuesta mejora considerablemente estos números, cubriendo el 74.7% del área con señales fuertes y reduciendo las áreas con mala cobertura a solo el 18.1%. Esta optimización es crucial para asegurar una conectividad confiable en todas las áreas del segundo piso.

3.3. Red propuesta vs red actual.

El diseño propuesto ofrece una solución robusta a los problemas identificados en la red actual del colegio. Se realizó una comparación entre la red actual y la red propuesta, en la que se evaluaron 9 parámetros: distribución y ubicación de los equipos, cobertura, acceso y gestión de la red, calidad de servicio, escalabilidad, mantenimiento y administración, y optimización del tráfico, como se muestra en la Tabla 3.1. Con una cobertura mejorada, gestión centralizada y mayor capacidad de tráfico, la nueva red proporcionará una infraestructura más eficiente, escalable y fácil de mantener. Esta mejora beneficiará tanto a los estudiantes como a los docentes, asegurando una conectividad fiable y uniforme en todo el colegio.

Tabla 3.1: Comparación entre la Red Actual y la Red Propuesta

Características	Red Actual	Red Propuesta
Distribución de equipos	22 routers, uno por cada curso	16 APs (<i>Access Points</i>)
Ubicación de equipos	Dentro de cada aula	Determinada con simulador de coberturas (<i>Ekahau Site Survey</i>)
Cobertura	Limitada, señal débil en áreas comunes	Amplia y uniforme en todo el colegio
Acceso a la red	Exclusivo por curso	Una sola red para todos los usuarios
Gestión de la red	Cada router administrado de forma independiente	Centralizada en un cuarto de máquinas
Calidad del servicio	Variable, dependiente del equipo individual	Mejorada con APs <i>multMIMO</i>
Escalabilidad	Difícil de escalar con el crecimiento	Diseño preparado para manejar más dispositivos y usuarios
Mantenimiento y administración	Compleja debido a la fragmentación	Simplificada y centralizada
Optimización del tráfico	No optimizada, equipos individuales	APs <i>multMIMO</i> soportan alto volumen de tráfico

El diseño de red sugerido actúa como un piloto que puede ser replicado en otras instituciones educativas en el futuro. Esto permitirá estandarizar las redes escolares, proporcionando una solución escalable y sostenible que pueda adaptarse al crecimiento y evolución tecnológica de cada institución. Con una implementación exitosa en esta institución, se establecerá un modelo que otras escuelas podrán seguir, garantizando una conectividad de alta calidad para todos los usuarios.

Para proporcionar una visión más clara del análisis de potencia y cobertura presentado en la sección 3.2, se elaboró una tabla comparativa. La Tabla 3.2 muestra la diferencia entre la cobertura de la red actual y la propuesta, destacando una notable mejora en la potencia de transmisión y la eficiencia de la cobertura en las distintas áreas de la institución.

Tabla 3.2: Comparación de Cobertura de Red entre la Red Actual y la Red Propuesta

Planta	Red Actual (% Buena Señal)	Red Propuesta (% Buena Señal)	Mejora (%)
Planta Baja	76.5 %	63.3 %	+13.2 %
Primer Piso	52.5 %	83.5 %	+31.0 %
Segundo Piso	29.3 %	74.7 %	+45.4 %

3.4. Costos de implementación

3.4.1. Costo de infraestructura, dispositivos y equipos

Costos de cableado

Debido al uso de puntos de acceso (AP), estos dispositivos utilizan cables UTP para su conexión. Sin embargo, dado que hay largas distancias, los switches más alejados del cuarto de máquinas necesitan fibra óptica para su conexión. Por lo tanto, es necesario utilizar convertidores ópticos para emplear la fibra óptica en la conexión de los switches.

A continuación, se presenta en la tabla 3.3 los costos del cableado necesario para la implementación de la red.

Tabla 3.3: Cableado

Nombre	Elemento	Unidades	Valor (USD)
Cable UTP		580m	Bobina de 100m por \$125
Fibra Óptica UPC dúplex		186m	\$220.50 por 100m
Conectores RJ45		48	\$0.22 por unidad.
Convertidor de medio		4	\$25 por unidad
Canaleta PVC 32X15		410m	\$4 por 2m
Esclerilla		12m	\$ 35 por 2.4m

Cabe mencionar que también se consideró el costo de los elementos pasivos, como las canaletas y esclerillas, para el adecuado transporte de los cables de red. Por lo tanto el costo total de cables de \$2,238.93

Costos de dispositivos de red

En la sección 2.5.1 se detallan los equipos de red necesarios para la implementación de la infraestructura. La Tabla 3.4 presenta el número requerido de cada dispositivo junto con su respectivo costo unitario.

Tabla 3.4: Equipos y Costos

Equipo	Unidad	Valor por unidad (USD)
MikroTik CCR1009-7G-1C-1S+ 2.16	1	500
TP-Link EAP660 HD 2.14	3	294
TP-Link EAP610 2.15	13	129
Switch TL-SG1218MP 2.17	4	175
TL-SG3210XHP-M2 2.19	1	95
Rack 9U 2.18	3	50
CyberPower CP1500AVRLCD3 2.20	1	179
BE600M1 2.21	2	30
Total	28	4,243

Sin embargo, algunos AP están ubicados a más de 100 metros del cuarto de máquinas, lo

que supera la distancia máxima recomendada para el cableado UTP. Para solucionar esto, se necesitan crear saltos de switch a switch para conectar los AP lejanos. En estos casos, es necesario usar convertidores ópticos y fibra óptica, ya que permiten cubrir mayores distancias donde los cables UTP no son una opción viable.

Además, se consideraron las canaletas necesarias para el cableado de los equipos. Gracias a esta planificación, se determinó que el costo total para la compra de los elementos activos y pasivos necesarios para la implementación de la red es de aproximadamente \$6,481.93 dólares. Esta inversión incluye todos los equipos y materiales necesarios para la correcta implementación de la red propuesta.

3.4.2. Costo del personal especializado

En el diseño e implementación de una red de datos, es necesario considerar los costos asociados a la mano de obra. Estos costos no solo reflejan el tiempo y esfuerzo invertidos por los profesionales técnicos, sino que también incluyen gastos adicionales necesarios para garantizar la calidad y eficiencia del proyecto. Este presupuesto abarca desde la planificación inicial y el análisis del sitio hasta la instalación y configuración de los equipos de red. Por otro lado, el diseño de la red requiere herramientas y software especializados que permiten optimizar la cobertura y el rendimiento de la infraestructura tecnológica. En este contexto, esta sección detalla los costos de mano de obra y diseño, proporcionando una visión integral de los recursos financieros necesarios para la exitosa implementación de la red en la institución educativa. La Tabla 3.5 mostrada a continuación abarca el costo de la mano de obra de cada persona y el costo total del diseño de la red.

Concepto	Unidad	Valor por unidad (USD)
Mano de obra (por persona)	2	350
Diseño de la red	1	800
Total		1,500

Tabla 3.5: Costo del personal especializado

El costo propuesto se considera adecuado para cubrir los gastos adicionales, tales como transporte y alimentación, que han sido debidamente contemplados. La duración estimada para la implementación de la red es de cinco días, de los cuales dos días se

destinarán a estudios y análisis de la institución educativa. El costo total de \$800 por el diseño de la red es razonable y justificado, considerando el uso de software especializado y el análisis realizado en la institución educativa. Aunque el costo del software Ekahau es de \$5,615, se considera una inversión a largo plazo que se amortiza a lo largo de múltiples proyectos. Además, la realización de los análisis en esta institución se vio afectada por la ausencia de planos planimétricos, lo cual incrementó el tiempo requerido ya que fue necesario realizar la distribución a medida de la institución. Adicionalmente, el proceso de obtención de permisos implicó varias visitas adicionales para su revisión y aprobación.

3.4.3. Costo total

El costo total de la implementación de la red incluye tanto los materiales y equipos necesarios como la mano de obra y el diseño. El desglose de los costos es el siguiente: \$6,481.93 para la compra de elementos activos y pasivos, y \$1,500 para la mano de obra y el diseño, sumando un total de \$7,981.93. La inversión total de costos se muestra en la Tabla 3.6, la cual cubre todos los aspectos necesarios para la correcta implementación de la red propuesta, garantizando una infraestructura robusta y eficiente que satisfaga las necesidades de conectividad de la institución educativa.

Tabla 3.6: Total de costos

Categoría	Costo Total (USD)
Mano de obra	1,500
Elementos de cableado	2,238
Equipos	4,243
Total General	7,981

Capítulo 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se logró el desarrollo de una red de datos piloto para optimizar la infraestructura de conectividad de red en las instituciones educativas del sector El Llano del cantón Gualaceo.
- El diseño de la red propuesta aborda los problemas identificados en el diagnóstico de la red del colegio y mejora la gestión con una mayor capacidad para manejar el tráfico de datos. La propuesta de la red proporciona una infraestructura eficiente, escalable y fácil de mantener. Esto beneficia a los estudiantes y docentes y preparará a la institución para un crecimiento futuro sostenible en términos de tecnología y conectividad.
- El análisis comparativo de la cobertura de red entre la distribución actual y la propuesta muestra una mejora considerable en la calidad de la señal. En la planta baja, la cobertura de la red propuesta es más uniforme, cubriendo el 76.5 % del área con buena señal (entre -60 dBm y -40 dBm) en comparación con el 63.3 % de la red actual. Esto representa una mejora del 13.2 %. Además, las zonas con mala cobertura se reducen del 26.4 % al 14.2 %. En el primer piso, la cobertura de la red propuesta es excelente, logrando cubrir el 83.5 % del área con buena señal, frente al 52.5 % de la red actual, lo que indica una mejora del 31.0 %. Las áreas

con señal débil se reducen significativamente del 16.6 % al 10.4 %. En el segundo piso, aunque aún hay áreas con señal débil, la mejora es notable. La cobertura de la red propuesta cubre el 74.7 % del área con buena señal, en comparación con el 29.3 % de la red actual, representando una mejora del 45.4 %. Las zonas con mala cobertura se reducen del 33.5 % al 18.1 %. En general, la propuesta logra cubrir casi toda la institución, proporcionando una red más eficiente y uniforme, especialmente en áreas de alta concurrencia. Esta optimización asegura una conectividad confiable y de alta calidad en todas las áreas críticas de la institución.

- Al tener una red robusta y uniforme esto se traduce en una conectividad más confiable y de alta calidad para los usuarios en las áreas de mayor demanda. Las mejoras en la cobertura garantizan una experiencia de usuario superior y también optimizan la infraestructura para manejar un tráfico de datos elevado, beneficiando a estudiantes y docentes en su uso diario de la red.
- La red propuesta de la institución Alfonso Lituma Correa servirá como un modelo piloto que puede ser replicado en otras instituciones educativas en el futuro. Este modelo permitirá estandarizar las redes escolares, proporcionando una solución escalable y sostenible que pueda adaptarse al crecimiento y evolución tecnológica de cada institución. Una vez aprobada la red, su implementación en otros colegios contribuirá a cerrar la brecha digital en más áreas rurales.
- Durante el diseño de la red, se realizó una evaluación económica detallada que incluye los costos totales de equipos y cableado, resultando en aproximadamente \$6,481.9. Este presupuesto toma en cuenta la mejor ruta para el cableado, la necesidad de saltos (switches) debido a la limitación de los cables UTP a 100 metros, y la selección estratégica de la ubicación del cuarto de máquinas. Esta planificación meticulosa asegura que la implementación de la red sea tanto económica como eficiente, optimizando los recursos disponibles.
- La futura implementación de esta red en la institución educativa, sentará las bases para su expansión a otras instituciones educativas en áreas rurales. Este proyecto mejorará la infraestructura tecnológica de los colegios, y a su vez también contribuirá a la inclusión digital y al desarrollo de habilidades tecnológicas esenciales para los estudiantes.

- A largo plazo, este tipo de proyectos pueden jugar un papel crucial en el desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales, preparándolas mejor para enfrentar los desafíos de un mundo cada vez más digitalizado.

Recomendaciones

1. Al trabajar con áreas estudiantiles, especialmente en instituciones públicas, es necesario seguir protocolos específicos que incluyen la gestión de solicitudes y permisos. Estos procedimientos pueden tomar tiempo en ser aprobados, por lo que se recomienda iniciar estos trámites con suficiente anticipación. Establecer una comunicación fluida y constante con las autoridades educativas locales será esencial para asegurar una implementación sin contratiempos.
2. Una vez aprobada y probada la red en Alfonso Lituma Corral, se sugiere replicar este diseño en otras instituciones educativas de la región. Esta expansión permitirá estandarizar las infraestructuras de red, proporcionando una solución sostenible y escalable que pueda ser adaptada a diferentes colegios, especialmente aquellos en áreas rurales con mayor brecha digital.
3. Es vital establecer programas educativos dirigidos a estudiantes y docentes sobre cómo utilizar y mantener la red de telecomunicaciones. Estos programas permitirán que los usuarios exploten al máximo los recursos disponibles y solucionen cualquier problema técnico de manera efectiva. La formación en habilidades digitales es también crucial para proporcionar a la comunidad educativa las competencias requeridas en un entorno digital en constante cambio.

Glosario

AP Access Point.

APC Automatic Power Conditioner.

GNS3 Graphic Network Simulator-3.

LAN Local Area Networks.

STP Spanning Tree Protocol.

TIC Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

UTP Unshielded Twisted Pair.

WLAN Wireless Local Area Networks.

Bibliografía

- [1] C. Marçayata. (2023) La brecha digital es la gran deuda pendiente en ecuador, más en la ruralidad. 8/10/2023. [Online]. Available: <https://revistagestion.ec/analisis-sociedad/la-brecha-digital-es-la-gran-deuda-pendiente-en-ecuador-mas-en-la-ruralidad/>
- [2] Á. T. Torres, Á. F. B. Álava, and R. P. Moncayo, “La afectación de los emprendedores en época de pandemia,” *Revista publicando*, vol. 8, no. 32, pp. 51–60, 2021.
- [3] E. I. N. de Estadística y Censos. (2023) Analfabetismo digital en ecuador. 20/3/2024. [Online]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/?s=analfabetismo#:~:text=El%20analfabetismo%20digital%20en%20Ecuador,4%25%20seg%C3%93n%20los...>
- [4] D. G. Bermeo-Chalco, D. G. García-Herrera, and S. E. Mena-Clerque, “Brecha digital en tiempos de pandemia: Perspectivas de padres de familia digital divide in times of pandemic: Perspectives of parents of family,” *koinonia*, vol. 4, no. 8, 2021.
- [5] UNESCO, “Informe cepal y unesco: La educación en tiempos de la pandemia de covid-19,” *IESALC*, 2020. [Online]. Available: <https://www.iesalc.unesco.org/2020/08/25/informe-cepal-y-unesco-la-educacion-en-tiempos-de-la-pandemia-de-covid-19/>
- [6] J. Moreira, J. Palomares, R. Serrano, and J. López, “Un breve análisis de la brecha digital de acceso en el ecuador,” *Jornadas SARTECO*, 2017.
- [7] K. Camacho, “La brecha digital,” *Palabras en juego: enfoques multiculturales sobre las sociedades de la información*, pp. 61–71, 2005.
- [8] A. U. Tirado, M. d. I. M. F. Valdés, and R. Z. Mujica, “Ii conferencia internacional sobre brecha digital e inclusión social (leganés, madrid, del 28-30 de octubre de 2009).”
- [9] R. Cabrera, A. Carrión, R. Clotet, and M. Huerta, “Impact assessment for data network’s rehabilitation. case of ecuador,” in *2021 IEEE International Humanitarian Technology Conference (IHTC)*. IEEE, 2021, pp. 1–8.

- [10] A. Aguilar-Agudo, J. Herruzo-Cabrera, J. J. Ochoa-Sepúlveda, and M. J. Pino-Osuna, “Retorno social de la inversión (sroi) en tratamientos psicológicos basados en la evidencia,” *Clínica y salud*, vol. 30, no. 1, pp. 13–20, 2019.
- [11] A. G. Espinosa Osorio, J. A. Páez Ariza, and J. A. Martínez Aguilar, “Diseño de red lan para la institución educativa distrital madelena,” 2017.
- [12] B. Raman and K. Chebrolu, “Experiences in using wifi for rural internet in india,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 45, no. 1, pp. 104–110, 2007.
- [13] M. de Gualaceo, 2024. [Online]. Available: <https://www.gualaceo.gob.ec/gualaceo/datos-geograficos/>
- [14] I. N. de Estadística y Censos, “Cantón gualaceo,” 2019. [Online]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonaes/Azuay/Fasciculo_Gualaceo.pdf
- [15] C. D. E. Z. 6, “Dirección distrital de educación 01d04 chordeleg gualaceo,” pp. 2–21, 2023.
- [16] D. O. I. Álvarez, G. E. C. Jiménez, P. D. Arias, and D. Verdugo, “El analfabetismo tecnológico o digital,” *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, vol. 4, no. 2, pp. 393–406, 2019.
- [17] C. Varela and L. Domínguez, “Redes inalámbricas,” *Trabajo de carrera, España: Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática*, 2002.
- [18] J. R. Sánchez and J. V. D. Martínez, “Las redes inalámbricas, más ventajas que desventajas,” *línea*. Available: <https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/redes2008-2.pdf>. [Último acceso: 25 Enero 2022], 2004.
- [19] D. F. Tapia Valencia, “Investigación e implementación de servicios de telecomunicaciones de banda ancha basados en tecnología inalámbrica wimax,” Ph.D. dissertation, Quito: Universidad Internacional SEK, 2009.
- [20] J. P. M. Álvarez, V. I. R. Abdalá, F. M. R. M. Barboza, and F. R. C. Soria, “Estudio descriptivo de lorawan y aplicaciones específicas,” *Difusión científica, ingeniería y tecnologías*, vol. 15, no. 1, pp. 8–17, 2021.
- [21] J. Salazar, “Redes inalámbricas,” *Techpedia*. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/81581109.pdf>, 2016.

- [22] J. A. López Guerrero, “Redes inalámbricas wireless lan,” 2007.
- [23] J. P. Mellinas, “La relativa importancia de la velocidad en las conexiones wifi,” 2017.
- [24] A. Pío and P. Rogelio, “Evolución de las tecnologías de comunicación inalámbrica wi-fi y su posicionamiento en el segmento comercial empresas.” Ph.D. dissertation, 2008.
- [25] S. N. Shoudha, S. Helwa, J. P. Van Marter, M. Torlak, and N. Al-Dhahir, “Wifi 5ghz csi-based single-ap localization with centimeter-level median error,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 112 470–112 482, 2023.
- [26] E. Khorov, I. Levitsky, and I. F. Akyildiz, “Current status and directions of ieee 802.11 be, the future wi-fi 7,” *IEEE access*, vol. 8, pp. 88 664–88 688, 2020.
- [27] . M. C. O. Sardiñas Ramírez, A. M. ., “Propuesta metodológica e implementación de una red lan para el instituto de medicina deportiva,” 2021.
- [28] P. G. Vázquez, J. P. Baeza, and F. A. C. Herías, *Redes y transmisión de datos*. Universidad de Alicante, 2010.
- [29] B. M. M. Soleymani and F. Ashtian, *Analysis of the downlink saturation throughput of an asymmetric IEEE 802.11n-based WLAN*. IEEE International Conference on Communications (ICC), 2016.
- [30] H. M. F. C. F. Juan Carlos Vesga and W. H. E. Pere, *Optimization of the spectral efficiency in WLAN networks in the 2.4GHz band under the use of allocation models*. Indian J. Sci. Technol., vol. 11, no. 22, pp. 1–13, 2018.
- [31] J. R. Huamaní Jerí, *Estudio de algoritmos de enrutamiento en redes SDN*. PUCP, 2024.
- [32] G. D. M. R. EDGAR ENRIQUE MIER RUIZ, “Protocolos de enrutamiento rip,ospf,eigrp,” Ph.D. dissertation, 2008.
- [33] D. Rico-Bautista, L. Sánchez-Espinosa, and E. Y. Portillo-Ballesteros, “Redes mesh, una alternativa a problemas de cobertura de red: una revisión de literatura,” *Revista Ingenio*, vol. 7, no. 1, p. 120–135, dic. 2014. [Online]. Available: <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2031>
- [34] B. M. Ayón Baque, “Análisis de los beneficios de la tecnología mesh en las redes inalámbricas del complejo universitario unesum,” B.S. thesis, Jipijapa. UNESUM, 2021.

- [35] E. D. Corrales de la Rosa and W. S. Gómez Pérez, “Tecnología mimo,” 2007.
- [36] S. A. Grupalli, M. A. Cabrera, J. D. Bilbao, and M. G. Ferreyra, “Sistemas de comunicación inalámbricos con tecnología mimo,” *CET*, (34), pp. 7–13, 2011.
- [37] J. Grier, J. Ordinas, and L. Alabern, *Estructura de redes de computadores*, ser. Informàtica (Universitat Oberta de Catalunya). Editorial UOC, S.L., 2009. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=QAxAJEBgUWYC>
- [38] R. Correa Delgado, “Codificación completa del reglamento general a la ley orgánica de educación intercultural,” 2014, decreto Ejecutivo 1241, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 754 de 26 de julio de 2012 y sus reformas subsiguientes. [Online]. Available: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/CODIFICACION-COMPLETA-DEL-REGLAMENTO-GENERAL-A-LA-LOEI-17-07-20143.pdf>
- [39] Ministerio de Educación, Ecuador, “Resolución nro. mineduc-cz6-2023-00725-r,” ruta_del_documento, noviembre 2023, cuenca, 09 de noviembre de 2023.
- [40] TP-Link, “Eap660hd,” 2024, accedido: 21 de junio de 2024. [Online]. Available: <https://www.tp-link.com/ec/business-networking/omada-sdn-access-point/eap660-hd/>
- [41] —, “Eap610,” 2024, accedido: 21 de junio de 2024. [Online]. Available: <https://www.tp-link.com/es/business-networking/omada-sdn-access-point/eap610/>
- [42] MikroTik, “Ccr1009-7g-1c-1s+,” 2024, accedido: 4 de julio del 2024. [Online]. Available: <https://mikrotik.com/product/CCR1009-7G-1C-1Splus>
- [43] TP-link, “Tl-sg2428p,” 2024, accedido: 4 de julio del 2024. [Online]. Available: <https://www.tp-link.com/es/business-networking/omada-sdn-switch/tl-sg2428p/#overview>

APÉNDICES

APÉNDICE A: SOLICITUDES Y PERMISOS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

DIRECCIÓN DISTRITAL 01004 CHORDELEG - GUALACEO EDUCACIÓN

12 JUN 2024 9:34

Cuenca, 13 de junio del 2024

Horario: 9:34

Firma: [Firma]

RECIBIDO

Lcdo. Andrés Bonilla Director Distrital del Cantón Gualaceo Provincia del Azuay

Estimado Lcdo. Andrés Bonilla:

Me permito la presente para saludarlo y, a la vez, solicitar cordialmente su autorización para llevar a cabo nuestro proyecto de titulación el cual es dirigido por la Dra. Mónica Karel Huerta, con número de cédula 0151450426 y correo electrónico mhuerta@ups.edu.ec. Le saluda Jean Marlon Romero Romero, con número de cédula 0706702701, teléfono 0983336934 y correo electrónico jromeror5@est.ups.edu.ec; junto a Marlon Campoverde, con número de cédula 0105607147, teléfono 0981489182 y correo electrónico mcampoverdeu@est.ups.edu.ec.

El propósito de nuestra investigación se centra en el diseño de una propuesta de diseño de red de telecomunicaciones, específicamente en instituciones educativas. Dicha propuesta busca mejorar la infraestructura de red en estas instituciones, optimizando aspectos técnicos como velocidad, confiabilidad, seguridad y escalabilidad.

En este sentido, hemos identificado al Colegio Alfonso Lituma Correa, ubicado en el sector de Gualaceo, como una institución representativa para llevar a cabo nuestro estudio. El objetivo primordial es realizar un diagnóstico detallado de la infraestructura de red en este colegio, el cual servirá como caso de estudio para el diseño de nuestra propuesta.

Nos comprometemos a cumplir con todos los requisitos y procedimientos establecidos por el colegio, garantizando el respeto a sus normativas internas. La información recopilada durante este proceso será tratada con la debida confidencialidad y utilizada únicamente con fines académicos.

Agradecemos de antemano la atención brindada y nos ponemos a su disposición para proporcionar cualquier información adicional que considere necesaria. Quedamos atentos a su pronta respuesta y agradecemos de antemano la colaboración que pueda brindarnos.

Atentamente,

Jean Marlon Romero Romero, Marlon Ariel Campoverde Uzhca Estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana.

Romero Jean 0706702701

Campoverde Marlon 0105607147

Monica Huerta 0151450426

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

Cuenca: Calle Vieja 12-30 y Ella Luit • Casilla 2074 • Telf: (593 7) 4135250 Ext: 1320 • Fax: 2869112

E-mail: telecomunicacionescue@ups.edu.ec • http://www.ups.edu.ec • Cuenca - Ecuador

Figura 4.1: Solicitud de ingreso a la institución educativa.



Oficio Nro. MINEDUC-CZ6-01D04-2024-0763-OF

Gualaceo, 21 de junio de 2024

Asunto: SOLICITA AUTORIZACION PARA QUE INGRESEN LOS ESTUDIANTES DE LA U.P. SALESIANA AL C.ALFONSO LITUMA CORREA A REALIZAR UN ESTUDIO DE RED EL CUAL SERVIRÁ PARA DISEÑO DE TESIS.

Estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana
Jean Marlon Romero
En su Despacho

De mi consideración:

En atención al documento No. Referencia MINEDUC-CZ6-01D04-2024-0749-E, al Oficio s/n, suscrito por Romero Jean, CI. 070670270; Campoverde Marlon CI. 0105607147 y Monica Huerta CI. 0151450426, solicitan "autorización para llevar a cabo nuestro proyecto de titulación el cual esta dirigido por la Dra. Monica Karel Huerta (...); el proposito de nuestra investigación se centra en el diseño de una propuesta de diseño de red de telecomunicaciones, específicamente en instituciones educativas, buscando mejorar la infraestructura de red en estas instituciones, optimizando aspectos técnicos como velocidad, confiabilidad, seguridad y escalabilidad. En este sentido hemos identificado al Colegio Alfonso Lituma Correa, ubicado en el sector de Gualaceo como una institución representativa para llevar a cabo nuestro estudio, con el objetivo de realizar un diagnostico detallado de la infraestructura de red en éste colegio, el cual servirá como caso de estudio para el diseño de nuestra propuesta. (...)".

Este Despacho analizando los documentos presentado por el solicitante, el artículo 27 de la Constitución de la República del Ecuador establece que "la educación se centrará en el ser humano y garantizará su desarrollo holístico [...]", artículo 2.2 de la Ley Orgánica de Educación Intercultural en su literal f sobre los Principios de aplicación de la Ley que establece "f. Corresponsabilidad. El sistema educativo tiene la responsabilidad de gestionar las actuaciones necesarias para hacer efectivo el goce y ejercicio de derechos de las niñas, niños, adolescentes [...], artículo 2.4 ibídem sobre los Principios de la gestión educativa literal h que establece "h. [...] el estado garantiza a través de diversas instancias, que los establecimientos educativos son saludables y seguros, en ellas se garantiza la universalización y calidad de todos los servicios básicos y la atención de salud integral gratuita" y el Acuerdo Nro. MINEDUC-MINEDUC.2023-00073-A que establece los procedimientos para el ingreso de personas externas a las instituciones educativas, en el artículo 5 sobre los procedimientos obligatorios para el ingreso de personas externas a las instituciones educativas que dispone y regula el siguiente procedimiento; se APRUEBA lo solicitado con las siguientes consideraciones de cumplimiento obligatorio:

1. Resposabilizar a los solicitantes la socialización a la autoridad institucional sobre el propósito de la investigación en la Unidad Educativa "Alfonso Lituma Correa".

Figura 4.2: Respuesta de parte del Ministerio de Educación.

Oficio Nro. MINEDUC-CZ6-01D04-2024-0763-OF

Gualaceo, 21 de junio de 2024

2. En el cronograma propuesto se deberá modificar a partir de la entrega del presente documento, se autoriza estrictamente que se cumpla con lo planificado.

3. Los Srs. Romero Jean y Campoverde Marlon que constan en la petición con CI. 070670270 y 0105607147 ingresaran a la institución educativa, deberán seguir un taller de Protocolos de actuación frente a situaciones de violencia detectadas o cometidas en el sistema educativo y suscribir de manera personal, indelegable e intrasferible, una carta de compromiso de protección y no vulneración de derechos de niñas, niños y adolescentes, conforme formato establecido por el nivel central, con la Lcda. Monica Nieto del departamento del DECE Distrital teléfono Nro. 0969625698.

4. La carta de no vulneración conjuntamente con el documento de respuesta, serán los documentos habilitantes para el ingreso a la institución educativa, no podrá ingresar ninguna otra persona o acompañante.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,



Mgs. Eugenio Santiago Orellana Guillén

DIRECTOR DISTRICTAL 01D04 CHORDELEG - GUALACEO - EDUCACIÓN (E)

Referencias:

- MINEDUC-CZ6-01D04-2024-0749-E

Anexos:

- oficio-romero_jean-2.pdf

Copia:

Esthela Del Carmen Ordoñez Jara

Analista Distrital de Apoyo, Seguimiento y Regulación

coj

Figura 4.3: Respuesta de parte del Ministerio de Educación.