

Análisis de proveedores que ofrezcan servicios NGN de última milla para solucionar problemas de conectividad en la I.E. Técnico Alfonso López sede Miguel de Cervantes Saavedra (La Dorada, Caldas)

Jennifer Astrid Arango Linares

Asesora

ING. Angela María Vargas Arcila

Universidad Nacional Abierta y Distancia – UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI
Especialización en Redes de Nueva Generación
La Dorada, Caldas

2022

Agradecimientos

A mis padres y a mi hermana, que siempre me brindaron su afecto y ayuda incondicional, además de sustento económico y moral.

A mi tutora, Angela María Vargas Arcila, por su constante apoyo y disposición para aclarar mis dudas y corregir este manuscrito en cada una de sus etapas.

A mis amigos, Andrés y Frank, que gracias a sus consejos durante ésta etapa, me ayudaron a seguir trabajando para concluir este documento.

Resumen

El presente proyecto propone un análisis de proveedores de soluciones de última milla que ofrezcan servicios de NGN a la I.E. Técnico Alfonso López sede Miguel de Cervantes Saavedra de La Dorada (Caldas), en una comunidad de bajos recursos, con el fin de distribuir la conexión de internet a todas las aulas de la institución y la sala de coordinación, puesto que la conexión actual con la que cuenta el plantel no tiene un cubrimiento suficiente, presenta inestabilidad constante y está restringida al aula de sistemas. De esta forma se busca mejorar el servicio de internet para los 372 estudiantes y 12 docentes de la institución para que puedan tener acceso a los distintos recursos informáticos y así fomentar una educación de calidad y capacitar a los estudiantes para las pruebas SABER a través del uso de las TICs.

Para el análisis de proveedores de servicios de última milla que busca solucionar problemas de conectividad en la institución se realizó una comparación de costos, ventajas, desventajas y medio de acceso de última milla de estas empresas, para seleccionar aquel que mejor se ajuste a las necesidades del plantel educativo, teniendo en cuenta las limitaciones en el presupuesto y que se requiere expandir la cobertura del servicio. Una vez designado el proveedor, se realizó el diseño de una red LAN mediante un estudio previo de la infraestructura de la I.E. para determinar el área donde se deben ubicar los puntos de conexión, luego fue establecido un inventario de los materiales requeridos para la instalación y administración de la red, así como el presupuesto necesario para una posible implementación.

Palabras clave: Diseño de Red, La Dorada, LAN Jerárquica, Red de Institución Educativa, Redes de Nueva Generación (NGN), Proveedores de Servicios, Tecnologías de Última Milla.

Abstract

This project proposes an analysis of last mile solution providers to offer NGN services to the I.E. Técnico Alfonso López, campus Miguel de Cervantes Saavedra in La Dorada (Caldas), in order to distribute the internet connection to all the classrooms of the institution and the coordination office, since the current connection in the campus doesn't have sufficient coverage, it presents constant instability and is restricted to the computer classroom. In this way, this project seeks to improve the voice and internet service for the 372 students and 12 teachers of the institution so that they can have access to the different computer resources and thus promote quality education as well as train students for the SABER tests through of the use of ICT.

For the analysis of last mile service providers in order to solve connectivity problems in the institution, a comparison of costs, advantages, disadvantages, and means of last mile access of these companies was carried out to select the one that best suits the needs of the educational establishment, taking into account budget limitations and the need to expand service coverage. Once the service provider was selected, the design of a LAN network was created through a previous study of the existing infrastructure to determine where the connection points should be located. Then, an inventory of the materials required for the installation and administration of the network was established, including the necessary budget for possible implementation.

Keywords: Educational Institution Network, Hierarchical LAN, Internet Providers, La Dorada, Last Mile Technologies, Network Design, Next Generation Network (NGN).

Tabla de Contenido

Introducción	9
Contexto General	12
Planteamiento del Problema	12
Justificación	14
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
Marco Conceptual	17
ISP (Internet Service Provider) Proveedor de Servicio de Internet	17
Tecnologías de Transmisión de Última Milla	17
Fibra Óptica	18
Internet Satelital	19
WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)	19
Red de Área Local (LAN)	20
Estándar 802.3.	21
Estándar 802.11.	21
Marco Teórico	23
Cablem@s	25
Claro	25

Edatel–Tigo	25
FastPlay	26
Fibertelco.....	26
Hughes Network Systems	26
Telefónica.....	26
Wireless Colombia	26
Panorama de la Institución Educativa.....	28
Descripción del Plantel.....	28
Planta Física de la Sede.....	29
Conexión de la Sede.....	30
Población Beneficiaria	31
Análisis de Proveedores de Servicios y Diseño de Red.....	32
Comparativa de Proveedores.....	38
Diseño de la Red	40
Red Actual del Colegio.....	41
Red Ideal del Colegio	45
Red Asequible para la Institución.....	58
Conclusiones	66
Referencias.....	69

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Planes del Operador Cablem@s</i>	32
Tabla 2. <i>Planes del Operador Claro</i>	33
Tabla 3. <i>Planes del Operador Edatel–Tigo</i>	34
Tabla 4. <i>Planes del Operador FastPlay</i>	34
Tabla 5. <i>Planes del Operador Fibertelco</i>	35
Tabla 6. <i>Planes del Operador HughesNet</i>	36
Tabla 7. <i>Planes del Operador Telefónica Movistar</i>	37
Tabla 8. <i>Planes del Operador Wireless Colombia</i>	37
Tabla 9. <i>Comparación de Operadores de Servicios</i>	38
Tabla 10. <i>Características de Materiales Requeridos para el Diseño de la Red Ideal</i>	54
Tabla 11. <i>Costo de los Materiales Requeridos del Diseño de la Red Ideal</i>	57
Tabla 12. <i>Materiales Requeridos del Diseño de la Red Asequible</i>	61
Tabla 13. <i>Costos de los Materiales Requeridos del Diseño de la Red Asequible</i>	64

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Imagen satelital de la ubicación de la sede Miguel de Cervantes Saavedra</i>	29
Figura 2. <i>Planta física de la sede Miguel de Cervantes Saavedra</i>	30
Figura 3. <i>Equipos instalados del Operador Tigo en el Plantel</i>	42
Figura 4. <i>Diseño de la Red Actual de la Institución Educativa</i>	43
Figura 5. <i>Punto de suministro del servicio al Plantel</i>	44
Figura 6. <i>Fachada frontal y lateral del bloque de la Institución</i>	45
Figura 7. <i>Plano de la Escuela</i>	46
Figura 8. <i>Salones del segundo piso de la Escuela</i>	47
Figura 9. <i>Sala de Sistemas</i>	48
Figura 10. <i>Diseño de la Red Ideal para la Institución Educativa</i>	52
Figura 11. <i>Diagrama de Puntos de Acceso para la Red Ideal</i>	56
Figura 12. <i>Diseño de Red Asequible para la Institución</i>	60
Figura 13. <i>Diagrama de Puntos de Acceso para la Red Asequible</i>	63

Introducción

Gracias al constante avance de la tecnología, las instituciones educativas se han visto en la necesidad de cambiar o adaptar sus estrategias pedagógicas para incluir herramientas de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) en el modelo de educación actual, no sólo debido a su accesibilidad, su potencial para profundizar en diversas áreas del conocimiento y fácil manejo, sino por la presión de las nuevas tendencias a incorporar las mismas en todos los ámbitos educativos y de investigación.

Consecuentemente, dicha estrategia llevó al auge de la educación virtual, la cual terminó por instaurar una nueva forma de aprender y enseñar, puesto que, al eliminar el tiempo y la distancia como obstáculos para la educación continuada, fue posible realizar proyectos educativos donde cualquier persona tuviera la posibilidad de acceder a una educación de calidad, independientemente del lugar donde se encuentre.

Implementar este modelo de educación es una alternativa que intenta facilitar que los estudiantes de básica primaria, básica secundaria y educación superior tengan acceso a todo tipo de ofertas que garanticen la permanencia en el sistema educativo y la formación para la vida y el trabajo (Páez *et al.*, 2016). Sin embargo, la realidad que atraviesa Colombia es una muy distinta, pues la pobreza y la desigualdad persisten hoy por hoy en el diario vivir de las personas, aumentando las brechas entre las diferentes regiones del país y lamentablemente, es una situación altamente resistente al cambio.

Aunque el Gobierno Nacional busca articular la oferta en Colombia de educación virtual en todas las áreas para brindar contenidos digitales gratuitos de diversa índole (lecturas, material audiovisual, actividades, etc.) mediante el acceso a internet, son muchas las familias que no cuentan ni siquiera con los recursos económicos básicos para garantizar la salud y el bienestar

social, y mucho menos para que sus hijos no se queden sin educación.

En el marco de contención de la pandemia causada por el Coronavirus SARS-CoV-2, la educación virtual deja de ser una alternativa y pasa a ser una necesidad para que las instituciones educativas puedan continuar con sus labores de enseñanza con naturalidad, sin afectar el calendario académico. No obstante, muchos de los estudiantes de instituciones públicas que deben retomar clases de forma virtual para evitar los desplazamientos frecuentes no tienen computador, internet o una buena conexión, viéndose en la necesidad de regresar a clases presenciales a partir de julio de 2021, a pesar de los riesgos asociados tanto para los estudiantes, como para los docentes.

En el caso de la I.E. Técnico Alfonso López sede Miguel de Cervantes Saavedra (La Dorada, Caldas), con el fin de que los maestros puedan hacer uso de los recursos educativos digitales del programa gubernamental "Colombia Aprende", cuyo objetivo es mejorar los resultados obtenidos por los estudiantes en las pruebas SABER, se instaló una infraestructura de fibra óptica y se realizó la adquisición de un contrato para servicios de internet con una velocidad de 5 Mbps iniciando el 2021, sin embargo, ésta infraestructura carece de una conexión estable de internet que no permite utilizar dicha red en cada uno de los salones, restringiéndose el acceso al aula de sistemas.

Dado que la institución educativa cuenta con un presupuesto muy limitado para suplir los servicios de NGN (Next Generation Network) requeridos dentro de cada una de las aulas para poder visualizar los contenidos digitales y presentar las clases, entre otras cosas, se deben considerar diversos aspectos al momento de elegir un proveedor de servicios óptimo según la relación costo-beneficio, tales como la economía, la necesidad de expandir la cobertura, la latencia, pérdidas, etc.

Teniendo en cuenta las limitaciones en el presupuesto para la adquisición de servicios de la institución educativa, se requiere de un análisis comparativo de costos, ventajas, desventajas y tecnologías de acceso de última milla de los mismos, para determinar el proveedor de servicios que mejor se adapte a las necesidades de la institución. Luego de designar el proveedor de servicios, es necesario llevar a cabo un estudio de la infraestructura actual del plantel educativo para realizar el diseño de una red LAN, puesto que éstas redes permiten optimizar el uso de los recursos e integrar servicios mediante una red centralizada de forma segura y rápida, con el objetivo de fomentar una educación de calidad en la institución a través del uso de las TICs. Por lo tanto, a cada enlace se asigna un ancho de banda determinado que permita el acceso a internet de forma individual y permanente a cada una de las aulas y la sala de coordinación, con los recursos técnicos disponibles y en lo posible, al costo más bajo.

Este documento se divide en tres secciones principales. En la primera sección se presenta una introducción al problema planteado, la justificación, los objetivos, y el marco conceptual y teórico del proyecto. En la segunda sección se ofrece un panorama general de la Institución Educativa. En la tercera sección se muestra el análisis y comparación de los proveedores de servicios, así como el diseño de la red planteado, incluyendo el modelo actual con el que cuenta la institución, un modelo de red ideal y un modelo de red más asequible, con su presupuesto correspondiente. Al final se presentan las conclusiones alcanzadas con este proyecto.

Contexto General

En esta sección se ofrece una visión general respecto a los temas que se tratarán en esta monografía, como son el planteamiento del problema y su justificación, los objetivos a desarrollar y finalmente, el marco teórico y conceptual abordados en la misma.

Planteamiento del Problema

Como consecuencia de la crisis de SARS-CoV-2 que atraviesa el planeta, fue necesario el confinamiento en casa de personas de todas las edades, situación bajo la cual las tecnologías de la información y comunicación (TICs) se han vuelto indispensables en los ámbitos sociales y laborales, pero especialmente en la educación, donde influyó de manera determinante al causar una migración de la educación presencial a la virtualidad, con el fin de brindar el acceso a una educación de calidad y fomentar la permanencia en el sistema educativo de los estudiantes.

No obstante, en muchas escuelas del país no existe una conectividad eficiente para garantizar el acceso a la virtualidad de manera adecuada para que los estudiantes puedan desarrollar sus habilidades básicas para el aprendizaje, además, en muchos casos, las mismas instituciones tienen muy poco conocimiento de su realidad tecnológica o de los servicios que prestan las empresas proveedoras de servicios de NGN (Fajardo-Pascagaza y Cervantes-Estrada, 2020).

En el caso de la I.E. Técnico Alfonso López sede Miguel de Cervantes Saavedra, ésta cuenta con una nueva infraestructura de fibra óptica desde inicios de 2021 y un servicio de internet de 5 Mbps, sin embargo, carece de una conectividad estable que permita utilizar los servicios de NGN dentro del plantel educativo, puesto que cuenta con un área aproximada de 4.200m², además de un cuerpo estudiantil de 372 alumnos y una planta de 12 docentes, para los

cuales no es suficiente el cubrimiento que provee el servicio actual.

Aunque la institución cuenta con un presupuesto para los gastos de funcionamiento, dentro de los cuales entra la asignación de recursos para suplir los servicios de NGN, se deben considerar ciertos aspectos, como la economía, la latencia, pérdidas, entre otros, para la adquisición de estos servicios con una calidad y cobertura óptima.

El municipio de la Dorada, donde se encuentra ubicada la institución, cuenta con una gama de diversos proveedores de servicios, entre los que se incluyen servicios de NGN. Considerando las limitaciones en el presupuesto y la necesidad de expandir la cobertura del servicio en la institución educativa, se requiere de un análisis comparativo para determinar el mejor proveedor de servicios según la relación costo-beneficio.

A partir de lo anterior, surge la pregunta: ¿Cuál es el proveedor que puede ofrecer los servicios de NGN que dé solución a los problemas de conectividad de la I.E. Técnico Alfonso López sede Miguel de Cervantes Saavedra (La Dorada, Caldas)?

Justificación

El presente trabajo fue orientado al estudio de los proveedores de servicios de internet existentes en el municipio de La Dorada, analizando las tecnologías proporcionadas por cada uno de ellos, para definir aquella que mejor se adapta a las necesidades de la Institución Educativa, en función del presupuesto designado por la institución para tal fin, dado que 372 estudiantes y 12 profesores requieren conexión a internet permanente para fortalecer los procesos educativos que se imparte en las aulas de la institución.

Esto con el fin de que los maestros puedan hacer uso de los recursos educativos del programa gubernamental "Colombia Aprende", donde se encuentran contenidos digitales para impartir clases a los 372 estudiantes que se encuentran actualmente matriculados en el plantel educativo, y en particular, para capacitar a los estudiantes de grados 3° y 5° para las pruebas SABER —un estándar que se centra en medir la calidad del sistema educativo según la política educativa en Colombia, mediante la comparación de las competencias de los estudiantes entre instituciones escolares y entre regiones—. Considerando lo anterior, es necesario disponer de una conexión a internet estable dentro de cada una de las aulas para visualizar los contenidos y así presentar las clases, además de explicar cómo se debe llenar la hoja de respuestas dados los diferentes tipos de preguntas de los que consiste la prueba, entre otras cosas, puesto que al ser una comunidad de bajos recursos, no es posible entregarle a cada estudiante un dispositivo personal, como es el caso de tabletas, para realizar las actividades o una copia en físico de los cuadernillos tipo prueba SABER.

Por consiguiente, los logros y fines propuestos corresponden a la realización de un análisis comparativo de los proveedores de servicios de NGN disponibles en el área donde se localiza el plantel, para determinar aquel que ofrece el mejor servicio. Esta comparación es

pertinente porque permite conocer las condiciones de partida de un nuevo diseño de red que también se plantea en el trabajo y que contribuye en la solución de los problemas de conectividad de la institución de modo que se pueda garantizar el acceso y estabilidad del servicio, teniendo en cuenta las limitaciones presupuestales de una institución educativa pública.

Objetivos

Objetivo General

Analizar los proveedores de soluciones de última milla que ofrezcan servicios de NGN a la I.E. Técnico Alfonso López sede Miguel de Cervantes Saavedra (La Dorada, Caldas).

Objetivos Específicos

Contrastar los diferentes operadores de telecomunicaciones que ofrecen los servicios de datos en la zona urbana de la Dorada, Caldas.

Verificar la infraestructura de telecomunicaciones a nivel topológico y físico en la I.E. Técnico Alfonso López sede Miguel de Cervantes Saavedra (La Dorada, Caldas).

Proponer una solución óptima hacia la mejora de la conectividad dentro de la I.E. Técnico Alfonso López sede Miguel de Cervantes Saavedra (La Dorada, Caldas).

Marco Conceptual

Esta sección presenta los conceptos principales que aborda esta monografía. En primer lugar, se describe el concepto de ISP (Internet Service Provider) teniendo en cuenta que este trabajo abarca una comparación de diferentes proveedores que ofrecen servicios de última milla. En segundo lugar, se presentan las tecnologías de acceso, como la fibra óptica, el internet satelital y WiMAX, utilizadas por los ISP que se analizan en este trabajo. Finalmente, se profundiza en el concepto de una red LAN para conexión cableada e inalámbrica, la cual representa el tipo de red que le da solución al problema abordado en este trabajo.

ISP (Internet Service Provider) Proveedor de Servicio de Internet

Los proveedores de servicios de internet son empresas dedicadas a brindar a los usuarios diversos servicios de internet, telefonía y televisión, entre otros, además de proporcionar el mantenimiento necesario para que estos servicios sean funcionales. El término ISP ya no hace referencia solamente a un proveedor de internet, también a servicios relacionados, como el alojamiento web y registro de dominios (Cevallos Rojas y Montalvo Espinosa, 2010; Duarte-Acosta *et al.*, 2016).

Tecnologías de Transmisión de Última Milla

El término “última milla” es frecuentemente empleado para describir la infraestructura de transporte respecto a las redes de las operadoras de telecomunicaciones, y puede considerarse como el tramo final en la línea de comunicación con el usuario (residenciales o corporativos), tanto para telefonía como para fibra óptica, es decir, la red de acceso (E. del Valle, 2010; Ortiz, 2020; Santos-González, 2012).

La última milla es la parte de la infraestructura de la red de un operador que tiene costos más elevados, y aunque la tecnología más extendida es todavía el cableado telefónico, la

demanda de servicios con velocidades de transferencia cada vez más elevadas ha llevado al desarrollo de tecnologías, tales como ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), 3G, fibra óptica, entre otras (Santos-González, 2012).

A continuación, se describen los conceptos correspondientes a las diferentes tecnologías de última milla que se abordarán en este proyecto.

Fibra Óptica

La fibra óptica es una tecnología que usa como medio de transmisión los pulsos de luz para representar la información, y transmitir dichos datos. Aunque inicialmente era empleada con fines médicos, gracias a los avances tecnológicos se empezó a utilizar en telecomunicaciones. Existen diferentes tipos de fibras como la monomodo, la multimodo de índice graduado y la multimodo de índice escalonado, las cuales se diferencian por los tamaños del diámetro del núcleo y por el método de fabricación (Pérez, 2010).

La fibra óptica es el medio de transmisión de mejor desempeño, donde los bits se codifican en la fibra como impulsos de luz y el cable de fibra óptica actúa como una guía de ondas, o una “tubería de luz” para transmitir la luz entre los dos extremos con una pérdida mínima de la señal. Posee gran ancho de banda (BW) a distancias bastantes extensas en comparación con otros medios, además no presenta interferencias electromagnéticas y no muestra mayor complejidad para su instalación (CISCO, 2016c; Pérez, 2010).

Anteriormente para realizar instalaciones de fibra su principal impedimento eran los elevados costos, considerándose como un lujo para un pocos, sin embargo, cada vez es más asequible y la inversión puede ser compensada en reducciones de los gastos de mantenimiento.

El uso y crecimiento de las redes ópticas proceden con la autorización del primer servicio de telefonía de larga distancia de la compañía belga “Mourlon and Co”, a partir de esto se han

desarrollado tecnologías como FDM (Multiplexado por división de frecuencia), TDM (Multiplexado por división de tiempo), entre otras, que cimentaron el avance de las redes ópticas (Cortés Carvajal, 2016).

Internet Satelital

El internet satelital es un tipo de conexión a internet mediante ondas electromagnéticas que emplea como medio de comunicación un satélite y un punto fijo en la tierra. Esta tecnología permite llevar internet a zonas rurales o aisladas, como es el caso de las minas, entre otras, generando una alternativa de cobertura de dicho servicio en este tipo de áreas (Axess Networks, 2021; NetworkingSat, 2021).

El internet satelital funciona de la siguiente manera: la señal que se dirige hacia el satélite desde la estación terrestre usa un haz ascendente que suele llevar el tipo de petición del usuario —como acceder a una página web o enviar un correo electrónico— hacia este satélite, y cuando el satélite recibe dicha señal, transmitirá la respuesta a la petición por un haz descendente hacia la estación terrestre (Axess Networks, 2021; NetworkingSat, 2021).

Las frecuencias de los dos haces deben ser distintas para evitar interferencias entre ellos, además la velocidad de subida suele ser mayor a la velocidad de bajada, dado que los recursos energéticos son mayores en la tierra, permitiendo una transmisión con más potencia (Axess Networks, 2021; NetworkingSat, 2021).

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

WiMAX es una tecnología que usa los estándares IEEE 802.16 y garantiza la interoperabilidad con el estándar europeo de la ETSI HyperMAN (High Performance Radio Metropolitan Area Network). Es una solución eficaz para las redes de acceso inalámbricas de banda ancha y se puede utilizar en áreas metropolitanas (Dueñas Flor y Ordoñez Obando, 2010).

Red de Área Local (LAN)

Una red de área local (LAN) es un grupo de computadores y dispositivos periféricos que comparten una línea de comunicaciones común o un enlace inalámbrico de media distancia y alta velocidad, que como infraestructura proporciona acceso a usuarios o terminales en un área geográfica pequeña, generalmente una empresa u hogar. Para la mayoría de las LAN, la distancia máxima entre dos nodos de la red es de al menos una milla con una velocidad de transmisión que varía entre 1-20 megabaudios y admiten en su mayoría, al menos 100 estaciones o nodos (CISCO, 2016; Hwang, 2021).

Estas redes pueden interconectar terminales en un área pequeña, como una casa, un edificio de oficinas o un campus, y proporcionan además anchos de banda de alta velocidad a los terminales internos y a los dispositivos intermediarios.

Su implementación ofrece costos moderados en cuanto al cableado, además de proveer un enlace de comunicación dedicado con el que se puede intercambiar información de manera ágil y eficiente. Puede llegar a brindar conectividad 24 horas si se requiere, así como velocidades de transmisión del orden de 10 y 100 Mbps (Barrera *et al.*, 2019; Zheng, 2017).

El siguiente punto resume el tipo de conexión de una red LAN, para lo cual existen diferentes estándares que el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) ha desarrollado. El IEEE es uno de los diversos organismos que se encargan de la creación de estándares que influyen en diferentes áreas como energía, telecomunicaciones y redes, entre otros. En este caso, el conjunto de estándares IEEE 802 se emplea en redes LAN conectadas tanto por cable como por conexión inalámbrica (CISCO, 2016b).

Estándar 802.3.

Éste es el estándar Ethernet. Define el control de acceso al medio (MAC) para Ethernet sobre diferentes medios cableados como el cable coaxial, el cable de par trenzado y la fibra óptica. La tasa de transmisión que originalmente empleaba este estándar era de 10 Mbits/s, pero implementaciones actuales permiten ofrecer tasas que se encuentran en los rangos de 100Mbps, 1Gbps y 10 Gbps sobre el cable de par trenzado (Molero, 2008). Su modo de operación establece un mecanismo por el cual las estaciones de trabajo deben enviar datos a la red, uno a la vez, para evitar que se dé lugar a una colisión, y si ocurre, que cada una de ellas se detenga por un momento y posteriormente comiencen a retransmitir de forma aleatoria (CISCO, 2016b).

Estándar 802.11.

Define los estándares de redes sin cable o inalámbricas, encargándose de codificar las mejoras que aumentan el rendimiento y el alcance inalámbrico, así como la disponibilidad de nuevas frecuencias. El estándar original contaba con velocidades de 1 a 2 Mbps con una banda de frecuencia de 2,4 GHz, pero modificaciones posteriores lo ampliaron a 600 Mbps. En la actualidad no se fabrican productos sobre este estándar, en su lugar, la mayoría de productos que se comercializan actualmente pertenecen a la especificación 802.11g, con compatibilidad hacia el 802.11b (Cisco Systems, 2003). Este estándar se apoya en la especificación de la capa de acceso al medio común a las tecnologías LAN, es decir, al control de enlace lógico (LLC); incluyendo además la capa MAC y dos capas físicas. A medida que ha aumentado la necesidad de mejorar la velocidad, se han formado otras versiones de este protocolo que se han encargado de realizar correcciones, extensiones y mejoras de servicio al estándar original (Shaw, 2018; Soto Sánchez, 2011). Existen por demás, diferentes variaciones del estándar 802.11, como 802.11b, 802.11g, 802.11ac y 802.11ax, entre otras, que establecen

diferentes anchos de banda sobre enlaces inalámbricos (González-Villalobos, 2020; Molero, 2008).

Marco Teórico

En este trabajo se realizó una evaluación inicial en las Instituciones Educativas ubicadas en La Dorada, Caldas, para obtener un contexto generalizado de los proveedores que suministran los servicios de internet en la zona, así como indagar sobre los diferentes planes que éstos ofrecen, con el objetivo de analizar cuáles son los más utilizados por las instituciones. En esta sección se describe la distribución actual del servicio de internet de 4 Instituciones Educativas en la ciudad: Institución Educativa Nacional Dorada, Institución Educativa Nuestra Señora del Carmen, Institución Educativa Técnico Alfonso López e Institución Educativa Renán Barco, así como las zonas dentro de dichos establecimientos que presentan cobertura de internet.

En lo que respecta a los proveedores de internet que prestan servicios a la Institución Educativa Nacional Dorada (ISNALDO), ubicada en el barrio Los Alpes en la carrera 6 No. 3-81, se encuentran Cablem@s, con quien contratan velocidades de 20 megas, y Tigo, con un contrato de 60 megas; siendo la administración de la red llevada a cabo por cada proveedor de internet de forma independiente. La institución cuenta en total con 5 routers y 4 switches que están distribuidos dentro del edificio, sin embargo, el acceso de internet no es el suficiente para los salones de clase, ya que éstos se encuentran lejos de los dispositivos y carecen de puntos fijos dentro de los mismos (Coordinadora de la Institución, comunicación personal, 27 de septiembre de 2021).

Por su parte, la Institución Educativa Nuestra Señora del Carmen, ubicada en el barrio San Antonio en la carrera 9 con calle 12, cuenta con servicio de internet por parte de los proveedores Tigo y Cablem@s, los cuales prestan el servicio a través de 4 routers por parte de Tigo, y uno por parte de Cablem@s. Adicionalmente, la institución cuenta con 13 repetidores de señal distribuidos por todo el plantel que proveen el acceso a internet a todos los salones, y

manejan una velocidad de bajada de 120 megas y 12 megas de subida. La administración de la red la realizan los profesores de informática de la institución, (Rectora de la Institución, comunicación personal, 27 de septiembre de 2021).

La Institución Educativa Técnico Alfonso López sede principal se encuentra ubicada al norte del municipio de La Dorada (Caldas), en el barrio Alfonso López en la carrera 2, entre calles 41 y 42. Ésta contrató el servicio de internet de 120 megas de velocidad con el proveedor de servicios Tigo, el cual también se encarga de realizar la administración de la red. El servicio se brinda a través de 3 routers principales y conectados a ellos hay otros 6 routers que cumplen la función de puntos de acceso (2 para cada router principal) para hacer la extensión de la red para toda la Institución, que cuenta con un área de 4.666 m² aproximadamente. Dichos routers se encuentran ubicados en la coordinación, en la zona de talleres y en los salones, además el acceso a la red es solo para el personal docente y administrativo (Docente de la Institución, comunicación personal, 17 de marzo del 2022).

Finalmente, la Institución Educativa Renán Barco, ubicada en la Calle 1 No. 15-21 en el Polideportivo del barrio Las Ferias, tiene servicio de internet exclusivamente para la parte administrativa, por lo que tanto la sede primaria como secundaria no sólo no tienen acceso a éste, sino que tampoco cuentan con acceso a WiFi en ningún salón. El proveedor de servicios que utilizan actualmente es Claro, el cual les brinda un servicio de 20 gigas de capacidad por medio de un router, siendo la red generalmente administrada por el colegio y por el proveedor Claro (Docente de la Institución, comunicación personal, 17 de enero del 2022).

Se llegó a la conclusión que las Instituciones observadas no cuentan con una arquitectura de red jerárquica, por el contrario, las redes instaladas se asemejan a una red LAN doméstica.

Además, aunque la red que tienen les permite agregar nuevos equipos de manera rápida y fácil, genera dificultades en el mantenimiento, además de los frecuentes problemas de conexión.

De otro lado, y continuando con la revisión del estado actual de los proveedores en La Dorada (Caldas), a continuación, se resumen los proveedores de servicios de internet disponibles en el municipio.

Cablem@s

Es una empresa que ofrece los servicios de televisión por suscripción e internet por medio de fibra óptica y cable coaxial, brindando alternativas que sean asequibles y de calidad (Cablem@s, 2018).

Claro

Claro es el operador de telecomunicaciones móviles con mayor cobertura en Colombia. Lleva su señal 2G, 3G y 4G a 1.088 municipios del país con una red de más de 8.900 estaciones bases y cuenta con más de 33 millones de usuarios que lo han escogido como su operador de servicios móviles de voz y datos. Ofrece también servicios de telefonía fija, Internet de Banda Ancha y televisión cerrada a más de 3 millones de hogares (Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones, 2021).

Edatel-Tigo

Es una empresa de servicios públicos constituida como sociedad anónima cuyo objeto social principal es la organización, administración y prestación de servicios de telecomunicaciones, Tecnologías de la Información y todas las actividades complementarias. Ofrece los servicios de TV Digital, TV HD, LTE, Internet Residencial, Telefonía residencial y Televisión Satelital (Edatel-Tigo, 2021).

FastPlay

Es una empresa dedicada a ofrecer servicios de televisión e internet en diferentes departamentos de Colombia como lo son Caldas y Tolima. Este operador cuenta con una amplia gama de canales, y presta el servicio de internet por medio de fibra óptica (FastPlay, 2021).

Fibertelco

Es una empresa que ofrece servicios de entretenimiento como Televisión e Internet por medio de fibra óptica, estos servicios son ofrecidos en los Municipios de la Dorada y Puerto Salgar (Fibertelco, 2021).

Hughes Network Systems

Es una compañía de EchoStar¹, cuenta con servicios de banda ancha satelital, establecida en 2016, HughesNet es la marca del servicio de Internet Satelital de Consumo Masivo bajo la cual Hughes Network Systems proporciona en Banda Ka² su tecnología de acceso a Internet por satélite en Estados Unidos, Brasil y Colombia (HughesNet, 2021a).

Telefónica

La actividad de la compañía, que opera bajo la marca comercial Movistar, se centra fundamentalmente en los negocios de telefonía y conectividad móvil, servicios de banda ancha, fibra óptica al hogar, televisión de pago, telefonía fija y una completa oferta de soluciones digitales para pequeñas, medianas y grandes empresas y corporaciones (Telefónica, 2021).

Wireless Colombia

Wireless Colombia fue fundada en el año 2007 y está dedicada a la integración de

sistemas de telecomunicaciones en general. Abarca desde prestaciones Multimedia (Voz y Video), tecnologías de Acceso y de Transmisión, fibra y medios inalámbricos, hasta soluciones de Datos de amplio espectro para redes pequeñas, medianas y grandes pasando por las más diversas tecnologías de Voz sobre IP, acceso inalámbrico (banda ancha) WiMax, WiFi, redes de transmisión y acceso en fibra (Wireless Colombia, 2020).

Resumiendo, en la zona se cuenta con un total de 8 proveedores disponibles, que van desde pequeñas a grandes empresas, en las cuales se basará este trabajo para hacer el estudio comparativo de los proveedores ISP que se aborda en el Análisis de Proveedores de Servicios y Diseño de Red.

Panorama de la Institución Educativa

En esta sección se da una descripción de la I.E. Técnico Alfonso López sede Miguel de Cervantes Saavedra, con el objetivo de ofrecer un contexto físico, social y económico de la misma como escenario de estudio de la presente monografía.

Descripción del Plantel

La escuela Miguel de Cervantes Saavedra es una sede de preescolar y básica primaria de la Institución Educativa Técnico Alfonso López, la cual consta de 3 sedes de preescolar y básica primaria; y una 1 sede de básica secundaria y media vocacional.

La sede Miguel de Cervantes Saavedra de básica primaria se encuentra ubicada al norte del municipio de La Dorada (Caldas) en la zona urbana, en el barrio Alfonso López en la carrera 1, entre calles 42 y 43, en el barrio El Reposo. Limita por el norte con el coliseo Ventura Castillo, por el sur con la sede regional del SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), por el occidente con el hogar infantil Santo Domingo Sabio y por el oriente con un conjunto habitacional llamado El Reposo. Código DANE: 117380000207. En la Figura 1 se observa una imagen satelital de la ubicación de la escuela.

La sede es de carácter técnico de género mixto del sector oficial y ofrece formación desde el nivel preescolar hasta el grado quinto en las áreas fundamentales de la educación, con la posibilidad de ejercer una especialidad Técnica Industrial (Mecánica Industrial, Mecánica Automotriz, Dibujo Técnico, Electricidad, Metalistería, Ebanistería, Sistemas y Música) en los grados sexto a once en la sede principal de la Institución.

Figura 1

Imagen satelital de la ubicación de la sede Miguel de Cervantes Saavedra



Fuente. Adaptado de [Institución Educativa Técnico Alfonso López], de Google, s.f., <https://goo.gl/maps/62ot9oERcW8xvcnt7>. Todos los derechos reservados 2021 por Google. Adaptado con permiso del autor.

Planta Física de la Sede

El lote donde se encuentra la sede tiene un área aproximada de 4.200 m² (60x70 m). La planta física cuenta con dos pisos y 7 salones de 32 m² (4x8 m). En el primer piso se ubican los salones de preescolar y primero, un restaurante escolar, la coordinación y dos baños. En el segundo piso están los salones de segundo, tercero, cuarto y quinto, una sala de sistemas y 1 baño. Además, cuenta con una amplia área al aire libre con canchas deportivas de fútbol y baloncesto, una caseta para la cafetería y una zona de gradas con techo. En la Figura 2 se muestra una visión general de la planta física de la escuela.

Figura 2

Planta física de la sede Miguel de Cervantes Saavedra



Fuente. Autoría propia.

Conexión de la Sede

La institución educativa cuenta con un plan de 5 Megas de internet, con una conexión que se encuentra en el salón de sistemas en la segunda planta, la cual se realiza mediante wifi a través de un módem y que en teoría debe abastecer todos los salones de la sede.

La sala de sistemas cuenta con aproximadamente 20 computadores portátiles del proyecto Computadores para Educar que otorgó el gobierno a las instituciones públicas, cuyo uso está restringido solamente a ésta aula, sin embargo, estos portátiles son relativamente viejos pues tienen un procesador Intel Celeron B820, el cual tiene una frecuencia básica de procesador de 1.70GHz y una memoria RAM de 4 GB, mientras que a nivel de software se encuentran desactualizados, ya que la licencia para algunos computadores de Windows expiró, y los que aun cuentan con este sistema Operativo tienen una versión Windows 7. Por lo tanto, en la Institución Educativa optaron por cambiar los sistemas operativos de los computadores que no cuentan con Windows a un sistema operativo de software libre como Endless de Linux.

Aunque cada uno de los salones tiene un televisor, estos no cuentan con la tecnología necesaria para poder conectarse a internet. En el momento en que se requieren recursos multimedia para presentar las clases, es necesario que los profesores hagan uso de sus propios dispositivos personales como portátiles, celulares o tabletas para dicha conexión, dado que los estudiantes tampoco cuentan con dispositivos propios ni otros pertenecientes a la institución.

Población Beneficiaria

La población objetivo de esta propuesta son los estudiantes, directivos y docentes pertenecientes a la sede de básica primaria. Para el 2020, en la sede Cervantes estaban matriculados un total de 396 estudiantes, para el año 2021 estaban matriculados 350 estudiantes, y para el 2022 se encuentran actualmente matriculados 372 estudiantes.

La comunidad estudiantil perteneciente a esta institución no cuenta con las mejores condiciones socioeconómicas y muchas veces no tienen acceso a una buena alimentación por falta de recursos. Las madres de familia son en la gran mayoría de los casos las cabezas de hogar, y muchas trabajan en casas de familia por días. Otras madres esperan el beneficio de Familias en Acción, el cuál es un auxilio para complementar los ingresos de las familias que se encuentran en condición de pobreza y vulnerabilidad (Congreso de la República de Colombia, 2012). Algunos padres trabajan como mototaxistas, pescadores o vendedores ambulantes.

Análisis de Proveedores de Servicios y Diseño de Red

Se realizó el análisis de 8 proveedores (ISP) que ofrecen servicios de última milla en el municipio de La Dorada, Caldas: Cablem@s, Claro, Edatel–Tigo, FastPlay, Fibertelco, HughesNet, Telefónica y Wireless Colombia.

Para este fin, se efectuaron llamadas a las líneas telefónicas de los proveedores de servicios, así como por medio de comunicación personal con los asesores disponibles en sitio y por chat en línea de WhatsApp, para consultar la información de los servicios y planes que maneja cada proveedor para contratación con empresas y usuarios independientes (Plan Hogar), la cual se resume en las Tablas 1 a la 8.

En el caso del Operador Cablem@s, éste posee un amplio portafolio de planes de internet, los cuales incluyen instalación gratuita y televisión en alta definición, dependiendo del plan a elegir. Los planes aplican tanto para hogar como para empresa (Asesora Cablem@s Salas Natalia, comunicación personal, 12 de julio de 2022). Para el año 2022, Cablem@s ofrece 4 planes de 80 a 300 megas de navegación junto con un paquete de televisión, cuyo valor/mes está en el rango de los \$75.000 a \$220.000 pesos colombianos (COP), como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1

Planes del Operador Cablem@s

Planes Cablem@s para el año 2022		
	Megas	Valor Mes
Planes	80 + Tv	75.000
	110 + Tv	90.000
	150 + Tv	120.000
	300 + Tv	220.000

Nota. Información obtenida de Asesora Cablem@s Salas Natalia, comunicación personal, 12 de julio de 2022.

El Operador Claro ofrece planes de internet y combos de Triple Play para hogar y empresa, en los cuales influye el estrato del área de contratación del servicio, donde en el caso de estratos 1, no se realiza el cobro de la instalación. Este operador cuenta con planes de 60 a 100 megas, tanto individual como con televisión y telefonía, y maneja velocidades de descarga de 100 Mbps y velocidades de subida de 20Mbps, con precios que oscilan entre los \$60.000 y \$89.900 COP, además de requerir una permanencia de 1 año con el servicio contratado, como se resume en la Tabla 2 (Asesora Claro Alvares Elvira, Comunicación personal, 12 de julio de 2022).

Tabla 2

Planes del Operador Claro

Planes Claro para el año 2022		
Planes	Megas	Valor Mes
	100	60.000
	100 + Tv + Tel	69.900
	300 + Tv + Tel	89.900

Nota. Información obtenida de Asesora Claro Alvares Elvira, comunicación personal, 12 de julio de 2022.

Por su parte, el Operador Edatel–Tigo ofrece planes con internet, televisión y línea fija nacional para hogar y empresa, donde es posible contratar exclusivamente el servicio de internet, sin que el estrato sea un factor influyente en los precios. Este operador maneja 4 planes de 60 a 200 megas con velocidades de descarga y de subida simétricos, los cuales incluyen televisión y telefonía. Los precios por valor/mes se encuentran entre los \$72.000 y \$126.000 COP, siendo necesario un tiempo de permanencia de 1 año con el servicio contratado, como se muestra en la Tabla 3 (Asesora Edatel–Tigo, comunicación personal, 12 de Julio de 2022).

Tabla 3*Planes del Operador EdateL–Tigo*

Planes EdateL–Tigo para el año 2022		
	Megas	Valor Mes
Planes	200	96.000
	200 + Tel	72.000
	60 + Tv + Tel	110.700
	100 + Tv + Tel	126.250

Nota. Información obtenida de Asesora EdateL–Tigo, comunicación personal, 12 de julio de 2022.

En cambio, el Operador FastPlay cuenta con planes hogar para La Dorada, con velocidades asimétricas de descarga y subida, dependiendo del plan elegido. Todos los planes incluyen instalación gratuita y servicio de televisión, ofreciendo desde 30 a 150 megas, con un costo de \$65.000 a \$100.000 COP, como se muestra en la Tabla 4 (Asesor de FastPlay, comunicación personal, 12 de julio de 2022).

Tabla 4*Planes del Operador FastPlay*

Planes FastPlay para el año 2022		
	Megas	Valor Mes
Plan Hogar	30 + Tv	65.000
	80 + Tv	69.000
	120 + Tv	85.000
	150 + Tv	100.000

Nota. Información obtenida de FastPlay (2021).

El Operador Fibertelco cuenta con 4 planes de internet de 20 a 200 megas con velocidades de subida y descarga simétricas, los cuales vienen acompañados de servicio de televisión y tienen precios que van de los \$65.000 a \$110.000 COP, como se aprecia en la Tabla

5. Aunque la instalación es gratuita y el servicio no requiere permanencia, el operador no brinda servicios sobre la zona donde se encuentra la Institución Educativa (Asesora Fibertelco Rodríguez Yiseth, comunicación personal, 12 de Julio de 2022).

Tabla 5

Planes del Operador Fibertelco

Planes Fibertelco para el año 2022		
	Megas	Valor Mes
Planes	20 + Tv	65.000
	50+ Tv	69.000
	100+ Tv	85.000
	200 + Tv	110.000

Nota. Información obtenida de Asesora Fibertelco Rodríguez Yiseth, comunicación personal, 12 de julio de 2022.

Por otro lado, el Operador de servicios HughesNet cuenta con un amplio portafolio de planes para empresas Pyme y para Hogar, que tienen velocidades de descarga de 10Mbps y de 1Mbps de subida. Sin embargo, al contratar algunos de los planes se debe tener una permanencia de 12 meses con este servicio, a pesar de que este operador solo ofrece sus servicios en la zona rural de La Dorada, Caldas. Entre sus planes se encuentran 2 planes hogar de 30 y 50 gigas de capacidad, con valores entre los \$184.900 y \$204.000 COP; además de 3 planes empresariales que van de 35 a 75 gigas y con precios en un rango de \$205.900 a \$279.900 COP, como se observa en la Tabla 6 (Asesora de Hughesnet Rodríguez Milena, comunicación personal, 11 de julio de 2022).

Tabla 6*Planes del Operador HughesNet*

Planes HughesNet para el año 2022				
	Gigas	Valor Mes	Valor Instalación	Características
Plan Hogar	30	184.900	99.900	30 Gb para usar en cualquier momento y 50 Gb para ser <u>usados entre las 2 a.m. y 8 a.m.</u>
	50	204.000		50 Gb para usar en cualquier momento y 50 Gb para ser <u>usados entre las 2 a.m. y 8 a.m.</u>
Plan Empresarial	35	205.900	99.900	10 Gb para usar en cualquier momento y 25 Gb para ser <u>usados entre las 8 a.m. y 6 p.m.</u>
	50	226.000		25 Gb para usar en cualquier momento y 25 Gb para ser <u>usados entre las 8 a.m. y 6 p.m.</u>
	75	279.900		50 Gb para usar en cualquier momento y 25 Gb para ser <u>usados entre las 8 a.m. y 6 p.m.</u>

Nota. Información obtenida de HughesNet (2021b).

El Operador de Telefónica Movistar provee los servicios de internet, televisión y telefonía de larga distancia para hogar. Adicionalmente ofrece servicios de streaming dentro de sus planes. Telefónica Movistar ofrece 3 planes que van de 6 a 10 megas y con valores situados entre los \$49.900 y \$75.990 COP, como se resume en la Tabla 7.

No obstante, Movistar no cuenta con cobertura para el sector donde se encuentra ubicada la Institución Educativa; tampoco cuenta con fibra óptica, ni tiene servicios dedicados. Se estima que a partir del 2022 iniciará la instalación de fibra óptica en el centro del Municipio (Asesor Movistar, comunicación personal, 12 de julio de 2022).

Tabla 7*Planes del Operador Telefónica Movistar*

Planes Telefónica Movistar Para el Año 2022		
	Megas	Valor Mes
Planes Hogar	6	49.990
	10	61.900
	10 + Netflix	75.990

Nota. Información obtenida de Asesor Movistar, comunicación personal, 12 de julio de 2022.

Finalmente, el Operador de Wireless Colombia brinda un servicio de internet en el radio urbano del municipio de La Dorada, con un portafolio que ofrece cobertura en planes hogar, pero no internet para empresas debido a que la intensidad de señal no es la adecuada. Este operador maneja 3 planes que van de 4 a 8 megas, con velocidades asimétricas y con precios entre los \$45.000 y \$65.000 COP, como se puede ver en la Tabla 8 (Asesor Wireless, comunicación personal, 12 de julio de 2022).

Tabla 8*Planes del Operador Wireless Colombia*

Planes Wireless Colombia para el año 2022			
	Megas	Valor Mes	Valor Instalación
Planes Hogar	4	45.000	180.000
	6	55.000	180.000
	8	65.000	180.000

Nota. Información obtenida de Asesor Wireless, comunicación personal, 12 de julio de 2022.

Comparativa de Proveedores

De acuerdo a lo anterior, se identificaron 4 proveedores ISP que brindan cobertura en la zona donde se ubica la Institución Educativa. A continuación, se resumen en la Tabla 9 aquellos operadores que fueron seleccionados, donde puede apreciarse la comparativa de los precios y planes que manejan las empresas proveedoras de servicios.

Tabla 9

Comparación de Operadores de Servicios

Proveedor de Servicios	Red de Acceso	Plan	Precio / Mes
Cablem@s	Fibra óptica	300 Megas	\$220.000
Claro	Fibra óptica + Cable coaxial	300 Megas	\$89.900
EdateI-Tigo	Fibra óptica	200 Megas	\$96.000
FastPlay	Fibra óptica	150 Megas	\$100.000

Nota. Información recopilada de las empresas proveedoras de internet.

Algunos de los operadores seleccionados para la comparativa de los Proveedores de servicio en la Tabla 9 cuentan con tecnologías de última milla como lo es la fibra óptica para la zona donde se encuentra ubicada la Institución Educativa, lo cual permite que la señal de internet no tenga casi afectaciones en la transmisión de los datos, como interferencias o latencias; también permite una velocidad de transmisión de los datos mucho más rápida en comparación con otras tecnologías como el cobre, brindando más flexibilidad en la descarga de archivos y para subir contenido a la red. Asimismo, los anchos de banda son más amplios, y no sufren pérdidas en la velocidad en cuanto a la conexión de varios equipos de cómputo a la vez, esto implica que se tenga una buena calidad en los videos, sonido o cualquier contenido multimedia. Cabe destacar que la fibra óptica también tiene una vida útil larga, siendo resistente al calor y al frío (Vargas, 2014).

Así pues, es importante mencionar que el advenimiento de las Redes de Acceso de Nueva Generación (Next Generation Access Networks, NGANs) basadas en fibra óptica supuso una revolución tecnológica auténtica en lo que respecta al sector de las telecomunicaciones. Cuando se reemplaza el cobre por fibra, se puede mejorar considerablemente las prestaciones de las redes actuales, permitiendo así el alcance de velocidades de acceso superiores a los 100 Mbps para incrementar tanto la cantidad como la calidad de los servicios prestados al público. Por otro lado, también son de gran relevancia las aplicaciones de las NGANs en el ámbito educativo (Ganuza *et al.*, 2011).

Teniendo en cuenta lo anterior, los operadores que mejor oferta costo-beneficio presentan para la Institución Educativa son el operador Cablem@s, el cual ofrece 300 megas a un costo de \$220.000 mil pesos mensuales; así como el operador Edatel-Tigo, el cual brinda un plan de 200 Megas a un costo de \$96.000 mil pesos mensuales. Asimismo, está el operador Claro, que ofrece un plan de 300 megas con un valor de \$89.900 pesos mensuales, sin embargo, este último presenta cierta desventaja en comparación con los dos operadores anteriores que utilizan fibra, ya que la transmisión se realiza por señales eléctricas, las cuales pueden verse afectadas por interferencias electromagnéticas, además de que se presentan reducciones en la velocidad a mayor longitud del cableado. Dado lo anteriormente mencionado, se descarta este operador pese a que ofrece una cantidad de megas considerables, dejando como opciones viables a Cablem@s y Edatel-Tigo. Ahora bien, es necesario considerar las velocidades que manejan estos dos operadores: tanto Cablem@s como Edatel-Tigo brindan una velocidad simétrica para la descarga y subida de archivos, con este último teniendo además un canal dedicado. De modo que, realizando un estimado de 7 Mbps de consumo por usuario, —tasa requerida para tener una actividad en línea como la transmisión de video con buena definición, al ser la que mayor

consumo requiere, a diferencia de otras actividades como la navegación web general, e-mails y chat (CenturyLink, 2022)—, para un total de 27 usuarios, que son los docentes y los computadores de la sala de sistemas estimados en la I.E. en cualquiera de las dos jornadas, se consumirían aproximadamente 190 Mbps en el caso de una transmisión simultánea. Según lo anterior, el operador que mejor se ajusta para la prestación del servicio en la Institución Educativa es Edatel-Tigo, ya que brinda un plan de 200 megas de capacidad a un precio de \$96.000 pesos mensuales, convirtiéndolo en un plan económico que puede ofrecer una tasa suficiente para los requerimientos dentro de la institución. Con esto se cumple el primer objetivo planteado en este trabajo.

Diseño de la Red

Para realizar el diseño de la red, se debe trazar un plano de la institución educativa, y así determinar el área dónde se ubica el punto de acceso de la fibra y hacia donde se deben ubicar los puntos de conexión, y las medidas correspondientes de cada aula a las que se les debe llevar el servicio de internet. Luego de esto, se evalúa la cantidad de material necesario, como el tipo de cable a utilizar, el tipo de conducto por el cual se va desplazar con el fin de evitar daños al cable, y la exposición a la población estudiantil, así como el tipo de dispositivos que se necesitan como switches, gabinetes, etc. Una vez establecidos los elementos necesarios se debe realizar el presupuesto de dichos materiales.

A continuación, se hará una descripción de la red con la cual cuenta la Institución en la actualidad. Seguidamente, se propone una red ideal con la que debería funcionar la Institución Educativa para complementar la solución de conectividad, y por último se detalla la red que puede permitirse la institución por cuestiones de presupuesto.

Red Actual del Colegio

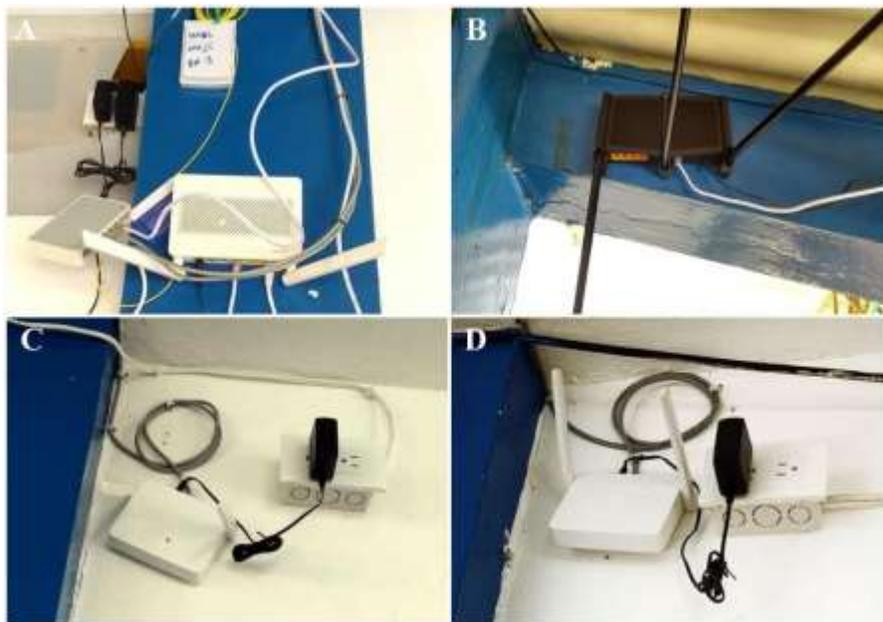
La red actual del Colegio tuvo cambios debido a la Directiva No. 16 del 9 de octubre de 2020 de la Secretaria de Educación del Departamento de Caldas, en la cual se estableció la alternancia en los colegios (Directiva No 016, 2020). Por tal motivo, el colegio firmó un nuevo contrato de servicios de internet con el proveedor de servicios Tigo, llevando a que la velocidad de navegación de internet con la que cuenta el colegio desde finales del año 2021 sea de 120 Megas.

Tigo realizó la instalación de 3 routers. El router principal es marca Huawei, dos routers son marca Mercusys, que funcionan como access point, y un switch tp-link de escritorio de 8 puertos, como se aprecia en la Figura 3, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera: en la primera planta, se tienen 2 router, un router – se denominó router D para su identificación – ofrece internet al salón de Preescolar y restaurante, un segundo router –C- para el salón de primero y la sala de coordinación, la cual no funciona en el momento.

La segunda planta cuenta con 2 routers: un router —router A— que se encuentra cerca del salón de sistemas, que recibe la señal del proveedor y brinda señal de manera inalámbrica a los salones de Cuarto y Quinto, así como a la sala de sistemas; adicionalmente la Institución Educativa realiza la compra e instalación de un router —router B— para ofrecer el servicio de internet a los salones de Segundo y Tercero, también por medio de acceso inalámbrico.

Figura 3

Equipos instalados del Operador Tigo en el Plantel



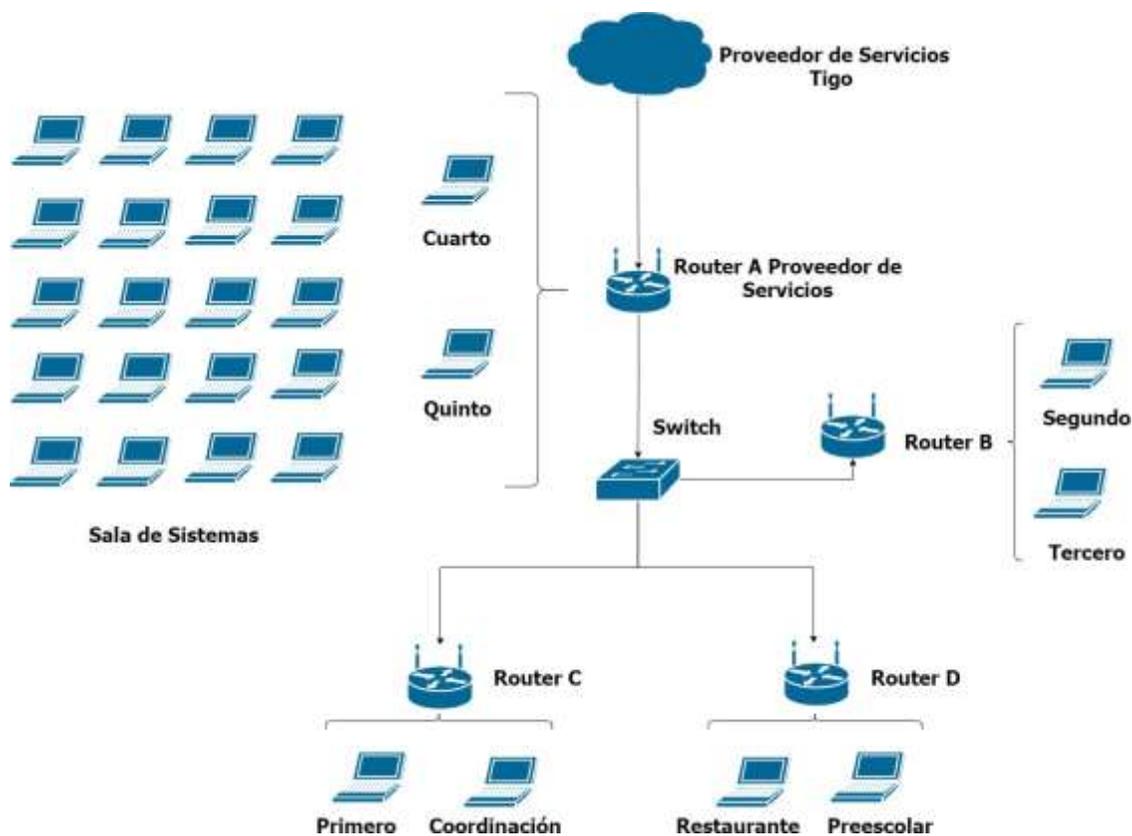
Fuente. Autoría propia.

Como es posible observar, la estructura actual de la red con la que cuenta la Institución Educativa no se basa en una división en capas clara que pueda brindar una conexión estable, sino que consiste en una red LAN doméstica, de modo que al tener varias personas conectadas haciendo uso de esta, la conexión pierde estabilidad y velocidad. De igual manera, al tener todos los equipos conectados de forma inalámbrica se generan latencias, interferencias y pérdidas de señal significativas, ya que las redes inalámbricas trabajan en un medio abierto, son sensibles a interferencias externas que afectan las señales enviadas y con ello se altera el funcionamiento de la red al punto de que los usuarios noten los problemas (Arévalo Arboleda, 2010).

En la Figura 4 se aprecia el esquema de la red, donde se muestra la distribución de la señal de internet en la Institución Educativa, y los dispositivos dentro de su rango de cobertura inalámbrica. A esta red inalámbrica solo tienen credenciales de acceso los docentes y administrativos de la Institución.

Figura 4

Diseño de la Red Actual de la Institución Educativa

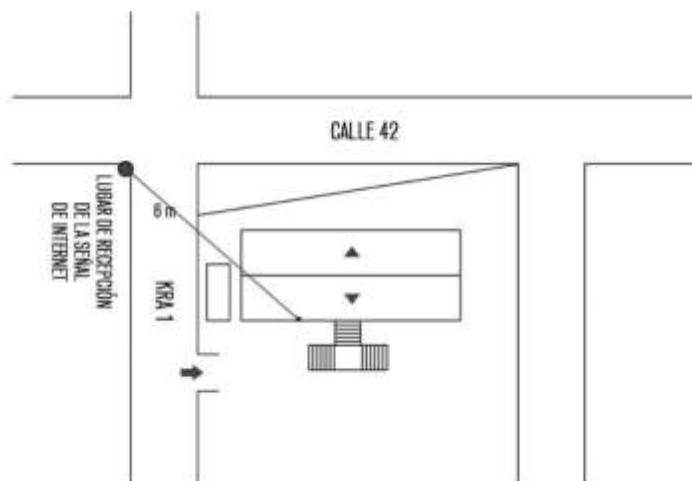


Fuente. Autoría propia.

El proveedor de servicio actual tiene el suministro de internet en uno de los postes al lado de la carrera 1, al costado de la Institución Educativa, el cual se puede apreciar en la Figura 5, donde la señal llega directamente al router A que se encuentra ubicado en el segundo piso afuera de la sala de sistemas.

Figura 5

Punto de suministro del servicio al Plantel



Fuente. Autoría propia.

En conclusión, el tipo de red con la que cuenta la Institución Educativa que provee del servicio de internet no se considera óptima, ya que esta red tiene como limitantes, en primer lugar, que la velocidad actual es de 120 megas, cuando se requiere un mínimo de 190 megas, como se mencionó anteriormente en la Comparativa de Proveedores; y en segundo lugar, el número de equipos a los que le puede brindar acceso a internet, pues aunque la red consigue prestar las necesidades básicas de acceso, no lo hace de igual manera para todos los usuarios que requieren del servicio, lo cual se puede ver en la Figura 4, donde los computadores deben disputar el acceso al internet, es decir, el consumo de banda ancha es limitado para la cantidad de equipos. Por otra parte, los routers B, C y D tienen el mismo dilema para acceder al medio, además, en lo que respecta a los router A y B, deben manejar más tráfico de datos que los routers C y D, dado que en estos se encuentran los salones de preescolar y primero, así como el restaurante (utilizado sólo a la hora del refrigerio) y coordinación (usada temporalmente para otras actividades no relacionadas con la administración), los cuales no requieren un acceso de

internet frecuente, a diferencia de la sala de sistemas y los salones de segundo a quinto.

Con esto se logra verificar la infraestructura de la Institución Educativa y diagnosticar el estado de la red y, por lo tanto, se alcanza el segundo objetivo del trabajo.

Red Ideal del Colegio

La red ideal que se propone tiene como finalidad que la Institución Educativa adquiera un óptimo rendimiento de la señal de internet dentro de ésta, ya que no es suficiente la instalación de routers y una velocidad de transmisión alta, si estos no tienen las condiciones y estructuras adecuadas para suministrar una señal de calidad. Por este motivo se elabora una red que cumpla con las condiciones necesarias para un funcionamiento eficiente de la señal de internet.

Levantamiento de Planos. Una vez que fue obtenida la información acerca del tipo de instalación con la que cuenta la escuela, se realizó el levantamiento de los planos de la misma, para así tener una vista más clara de la infraestructura y plantear un diseño acorde con las necesidades del plantel. En la Figura 6 se puede apreciar el edificio donde se encuentran ubicados los salones y demás elementos que componen la escuela.

Figura 6

Fachada frontal y lateral del bloque de la Institución

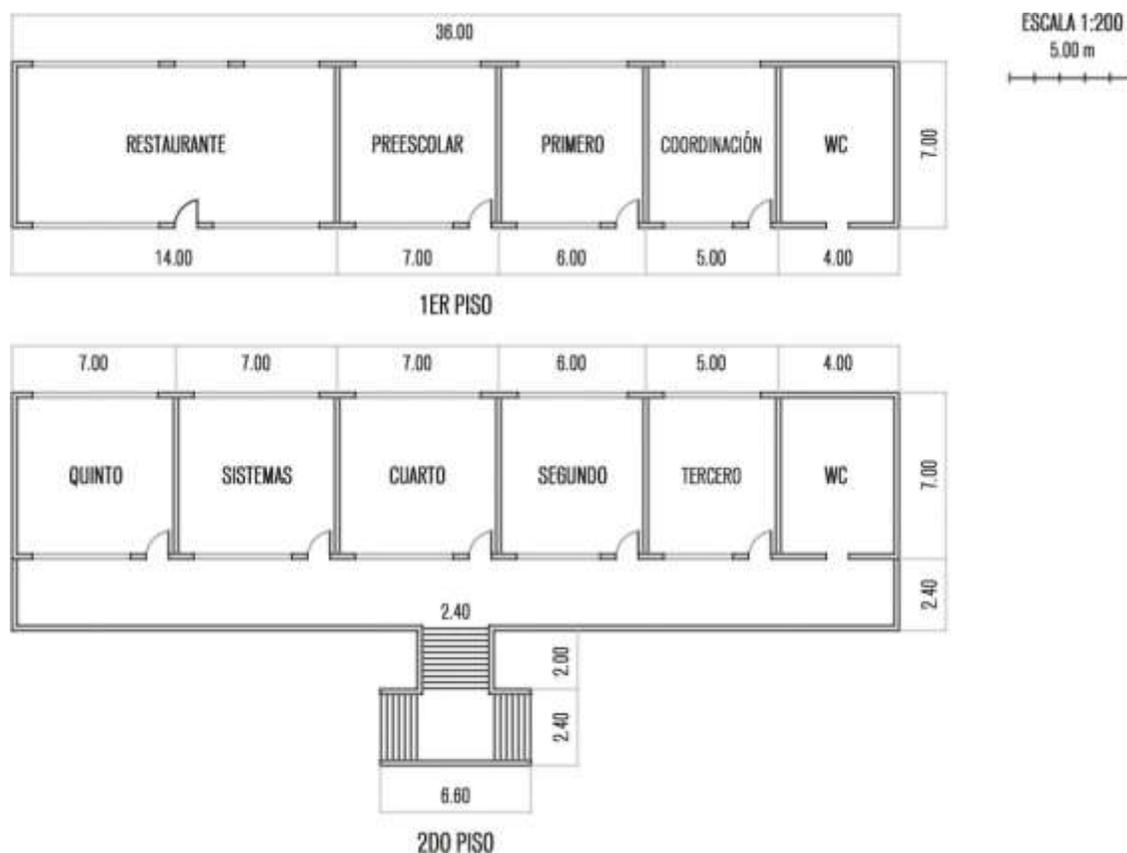


Fuente. Autoría propia.

En la Figura 7 se observa el plano de la Institución trazado posteriormente al levantamiento, con sus medidas correspondientes, para así realizar un estimado de los materiales necesarios para diseñar la red y plantear el presupuesto de la misma.

Figura 7

Plano de la Escuela



Fuente. Autoría propia.

En la Figura 8 se observan los salones de segundo, tercero, cuarto y quinto, en los cuales se puede ver que ninguno de estos cuenta con puntos de acceso cableado que llegue adentro de los salones y en la Figura 9 se puede ver la sala de sistemas, que de igual manera tampoco cuenta con puntos de acceso físicos a internet. Al tener solo puntos inalámbricos no se logra cubrir las necesidades de todos los usuarios que se deben conectar a la red de manera simultánea. En las

pruebas saber que se hicieron de manera virtual para el grado cuarto de la jornada de la tarde, donde se citaron a los estudiantes en dos grupos de 15 estudiantes para que llevaran la prueba a cabo, se evidencio los problemas de conectividad que se presentaron para cargar la página del ICFES y de igual manera al enviar las respuestas. (Docente del Grado Cuarto Jornada Tarde, Comunicación Personal, 12 de mayo de 2022).

Figura 8

Salones del segundo piso de la Escuela



Fuente. Autoría propia.

Figura 9

Sala de Sistemas



Fuente. Autoría propia.

Descripción del diseño de la Red Ideal. Se propone una infraestructura de redes LAN dentro la I.E. Técnico Alfonso López sede Miguel de Cervantes Saavedra de La Dorada (Caldas), basado en un modelo jerárquico, este consta de 3 capas que son, la capa de acceso, la capa de distribución y la capa de núcleo; cada capa ofrece una funcionalidad diferente a la red, de esta manera se puede diseñar una infraestructura de red que sea confiable, con facilidad de administración en caso de fallas a nivel de software y hardware, además, que permita agregar nuevos servicios, en caso de ser requeridos (Vásquez y Triviño 2019).

Dicho diseño en capas permite a cada capa implementar funciones específicas, en el caso de la capa de acceso permite el acceso a la red por parte de los usuarios, tanto de forma cableada como inalámbrica, les brinda conectividad para el flujo de información que requieren. Por parte de la capa de distribución, gestiona el tráfico entrante y saliente, filtrándolo y así encargándose de la seguridad y permitiendo la comunicación entre las capas de acceso y núcleo, finalmente la capa de núcleo se encarga de transportar los datos a través de la red, maximizando el rendimiento de esta (Vásquez y Triviño 2019).

Este modelo jerárquico se asemeja a la arquitectura de las redes NGN, el cual también se fundamenta en capas, permitiéndole la separación de los servicios para dar soporte a una gama amplia aplicaciones y servicios en tiempo real y multimedia, así como el soporte de múltiples tecnologías de acceso de última milla, independiente del proveedor de servicios que se escoja (Medina Reyes y González Mogollón, 2011).

El diseño de la red ideal se compone de las tres capas mencionadas anteriormente, como se observa en la Figura 10. A continuación se describen los elementos que hay en cada capa.

Se tendrán los siguientes elementos en la capa de acceso:

- Treinta y ocho (38) Puntos de acceso fijo.
- Cuatro (4) Puntos inalámbricos.
- Dos (2) paneles de parcheo de 24 puertos.
- Dos (2) switches de 24 puertos.

Se tendrán los siguientes elementos en la capa de distribución:

- Dos (2) switches de distribución.

Se tendrán los siguientes equipos en la capa de núcleo:

- Un (1) router del Proveedor de Internet.
- Un (1) router con funciones de firewall integrado
- Dos (2) Servidores de servicios de red, el DHCP y DNS.

Se decidió optar por el diseño de tres capas ya que maximiza el rendimiento y la disponibilidad de la red, y en el caso de ser necesario permite escalar el diseño de la red. Si bien un diseño de dos niveles puede ser más práctico y económico, es más propenso a presentar fallas, en el caso de que su núcleo de red falle, la comunicación entre LAN

(correspondientes a cada salón), perderá conexión porque no habrá una capa intermedia que pueda realizar la comunicación.

Las conexiones para la capa de núcleo se hacen a partir del router del proveedor de servicios, por cuestiones de seguridad no se manipula, si no que de éste se realiza una conexión hacia un router con funciones de firewall integrado, que se encarga de proteger la red, así como el bloqueo de contenido no apto, de este mismo router se realiza la conexión hacia a los servidores DHCP y DNS, del router con funciones de firewall integrado, también se realiza otra conexión hacia los dos swiches de distribución 3.

Las conexiones para la capa de distribución se hacen por medio de dos switches de distribución capa 3 que se encargan de encaminar los paquetes.

Para la capa de acceso se realiza la conexión de los dos switches de distribución capa 3 hacia los dos switches de capa 2 que proveen las transferencias directas de los datos entre los dispositivos de la red LAN, de estos sale la conexión a dos paneles de parcheo, que se encargan de administrar los cables para que queden fijos y tengan la menor intervención posible de movimiento físico. Estos equipos (router con funciones de firewall integrado, los dos servidores, los dos switches de distribución, los dos switches de capa 2 junto con los dos paneles de parcheo) se ubican en un gabinete dentro del aula de sistemas.

Cada uno de los switches de capa 2 son de 24 puertos, de esta manera se tendrá una conexión para la sala de sistemas con uno de ellos y el otro switch será el encargado de la conexión hacia los salones, dichos switches contarán con PoE³ (Power Over Ethernet).

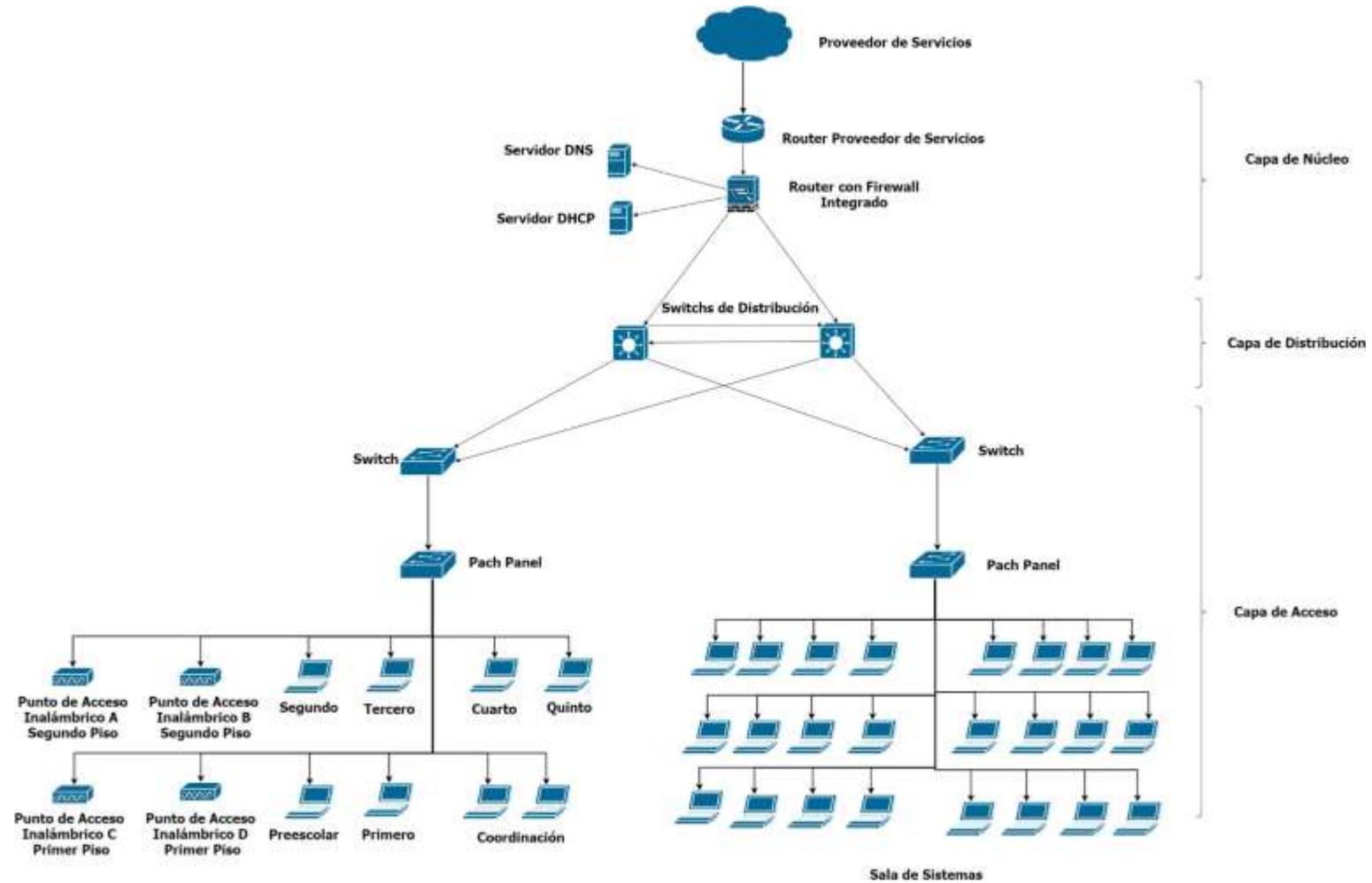
De uno de los paneles de parcheo saldrán las conexiones hacia los 6 salones de preescolar a quinto, la sala de coordinación y los 4 routers que funcionarán como puntos de

³ Alimentación eléctrica a través de Ethernet, esto se da por medio del mismo cable de red que permite la conexión a las redes del dispositivo.

acceso inalámbrico. Para los puntos de acceso cableado se usan terminales RJ45 y cable UTP categoría 5E. Se eligió esta categoría de cable porque permite velocidades de 1000Mbps, que se consideraron suficientes para cubrir las necesidades de la red. En cada salón se tendrán dos puntos de acceso cableado. El otro panel de parcheo tendrá la conexión hacia la sala de sistemas, con 24 puntos de acceso cableado con cable UTP categoría 5E y terminales RJ45, para conectar los 20 computadores de la I.E. y ofrecer 4 puntos extra de conexión auxiliar.

Figura 10

Diseño de la Red Ideal para la Institución Educativa



Fuente. Autoría propia.

En lo que concierne al cableado estructurado, es un sistema de cables, conectores y otros elementos que se utilizan para realizar las canalizaciones y adecuaciones de los dispositivos que se colocan en el edificio, para cumplir con una infraestructura de telecomunicaciones. El cableado estructurado está conformado por un cableado horizontal y uno vertical. La conexión del cableado horizontal se realiza desde el cuarto de telecomunicaciones hasta el puesto de trabajo del usuario final. El cableado vertical se encarga de proveer conexión entre los cuartos de equipos y cuartos de telecomunicaciones (Vásquez y Triviño 2019).

Para realizar la instalación de un sistema de cableado estructurado se deben emplear normativas, con el fin de proporcionar una serie de reglas o guías para el diseño e instalación de sistemas de cableado que incluyan una gama amplia de servicios, tanto existentes como futuros. A continuación, se mencionarán las normas que se deberían considerar al realizar este tipo de instalación.

Norma Internacional ISO/IEC 11801 establece los requisitos fundamentales para los parámetros de transmisión de los cableados estructurados, sus componentes y demás elementos que lo conforman.

ANSI/EIA/TIA 568 especifica los requerimientos como las topologías, la distancia máxima de los cables, el rendimiento de los componentes, la toma y los conectores de telecomunicaciones, para un sistema integral de cableado, independiente de las aplicaciones y de los proveedores, para los edificios comerciales.

ANSI/EIA/TIA 569 establece parámetros para los ductos, pasos y espacios necesarios para la instalación de sistemas estandarizados de telecomunicaciones.

Cumplir con estas normas garantiza la funcionalidad de todos los protocolos de transmisión establecidos para las tecnologías de la información.

Para el cableado vertical se propone utilizar 7 bandejas metálica tipo malla (ver Tabla 10) que serán conectadas con 14 acoples multipropósito y que deben fijarse con 14 soportes INSTA-FIX multiusos a la pared, mientras que para el cableado horizontal se requieren 35 bandejas metálicas tipo malla, que deben ser conectadas con 70 acoples multipropósito, colocadas cada 3 metros de distancia, mediante 70 soportes ‘Omega’ para pared para soportar dicha estructura. Es importante mencionar que para fijar los soportes ‘Omega y los soportes INSTA-FIX multiusos a la pared se emplearán 168 tornillos de cabeza hexagonal.

Sobre las bandejas metálicas tipo malla se pondrán un total de 926.2 metros de cable UTP, que irán desde el gabinete que se encuentra en la sala de sistemas hacia cada uno de los tomas RJ45 que se encuentran ubicados en cada salón, sala de sistemas y coordinación, así como hacia los 4 puntos de acceso inalámbricos.

En la Tabla 10 se muestran las especificaciones de los materiales necesarios para la red.

Tabla 10

Características de Materiales Requeridos para el Diseño de la Red Ideal

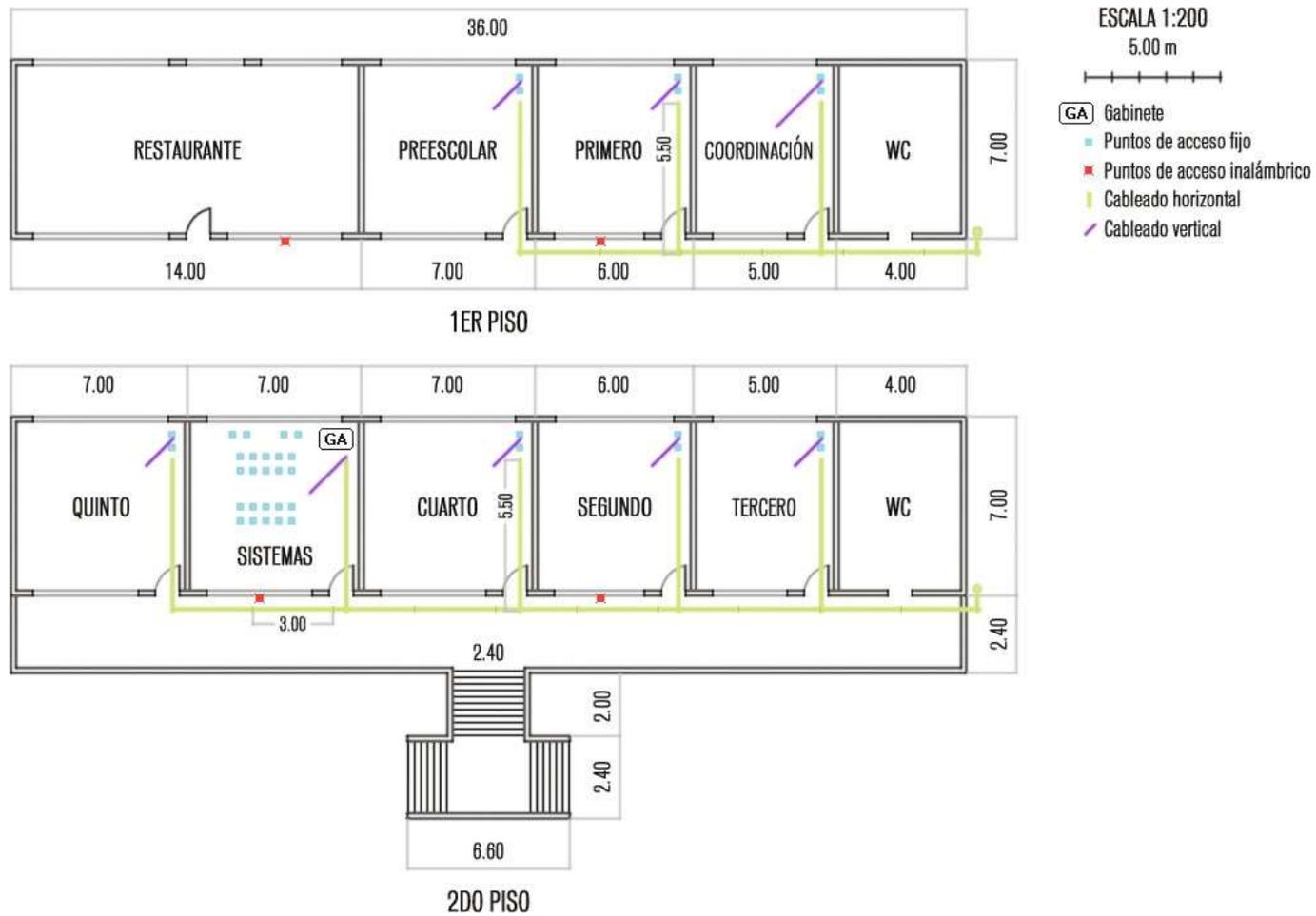
Elemento	Descripción
Bandeja metálica tipo malla	Dimensión 60 × 100 Longitud 100 mm
Soporte ‘Omega’ para pared	Dimensión 100 Longitud 100 mm para bandeja
Tapa recta	Dimensión 100 Longitud 100 mm para bandeja
Tapa curva de 90	Dimensión 100 Longitud 100 mm para bandeja
Soporte INSTA-FIX multiuso	Dimensión 60 × 100 Longitud 100 mm para bandeja
Acople multipropósito	Conexión entre la bandeja y el soporte
Salidas de cable	Accesorio para curvatura óptima del cable

Acople multipropósito	Conectores necesario cada 3 metros
Cinta velcro	Cinta adhesiva tipo velcro para sujetar cables
Tornillo cabeza hexagonal	3/8 pulgada × 1-1/4 pulgada y Tuerca
Chazos estriados	3/8 pulgada × 1-1/4 pulgada
Toma RJ45	Doble de categoría 5E sobrepared
Cable UTP	Categoría 5E 24 AWG, Bobina de 305mt
Terminales RJ45	Categoría 5E, Bolsa × 100 Unidades
Regleta	PDU Regleta Eléctrica 8 tomas
Bandejas organizadora para Rack	Bandeja fija ventilada de 1U
Rack	Gabinete de piso 18 Ru, Puertas laterales desmontables
Canaleta piso	Canaleta con adhesivo 13 × 60 × 2000mm
Accesorio T canaleta piso	Accesorio T canaleta 13 × 60mm
Canaleta pared	Canaleta con adhesivo 60 × 100 × 2000mm
Accesorio T canaleta pared	Accesorio canaleta 60 × 100mm
Accesorio ángulo interno pared	Accesorio canaleta 60 × 100mm
Paneles de parcheo	Herraje modular metálico, categoría 5E, marca Infinite
Switch de distribución	Cisco SG220-26, 24 puertos RJ45 con PoE, Gestionable
Switch de Capa 2	HP JH019A, 24 Puertos RJ45 con PoE
Router o access point	D-Link DIR-2150, Banda dual 2,4Ghz, 5Ghz, 4 antenas
Router con firewall integrado	Cisco ASA 5508-k9, 8 puertos
Servidor DNS y DHCP	Servidor DELL T40 16Gb Ram, Intel Xeon 3.5Ghz 1T

En la Figura 11 se observa dónde estarán ubicados los puntos de acceso cableado a internet dentro de cada salón, así como los puntos inalámbricos, además de la ubicación por donde se transportarán los cables de categoría 5E para brindar el acceso a internet.

Figura 11

Diagrama de Puntos de Acceso para la Red Ideal



Fuente. Autoría propia.

En la Tabla 11 se resumen los materiales necesarios para realizar el diseño de la red ideal, con sus cantidades, valor unitario y valor total para cada uno de ellos.

Tabla 11

Costo de los Materiales Requeridos del Diseño de la Red Ideal

Elemento	Cantidad	Precio Unitario / Valor	Valor total
Bandeja metálica tipo malla	42	\$53.431	\$2'244.102
Soporte 'OMEGA' para pared	70	\$9.068	\$634.760
Acople multipropósito	242	\$2.023	\$489.566
Tapa recta	1	\$46.053	\$46.053
Tapa curva de 90	4	\$21.459	\$85.836
Soporte INSTA-FIX multiuso	14	\$6.188	\$86.632
Salida de cable	9	\$16.838	\$151.542
Cinta velcro	50 m	\$35.900	\$71.800
Tornillo cabeza hexagonal	168	\$1.800	\$302.400
Chazos estriados	168	\$700	\$117.600
Toma RJ45	38	\$22.900	\$870.200
Cable UTP	926.2 m	\$165.000	\$660.000
Terminales RJ45	76	-	\$12.990
Canaleta piso	6	\$31.650	\$189.900
Accesorio T canaleta piso	16	8.300	\$132.800
Canaleta pared	4	\$34.501	\$138.004
Accesorio T canaleta pared	2	\$14.950	\$29.900
Accesorio ángulo interno pared	2	\$14.950	\$29.900
Rack	1	\$672.900	\$672.900
Bandejas organizadora	5	\$72.5000	\$362.500
Paneles de parcheo	2	\$125.000	\$250.000
Switch de distribución	2	\$1.800.000	\$3'600.000
Switch de Capa 2	2	\$1'336.100	\$2'672.200
Router o access point	4	\$359.900	\$1'439.600
Router con firewall integrado	1	\$6'531.362	\$6'531.362
Servidor	1	\$3'509.900	\$3'509.900
Total			\$25.332.447

Nota. Los cálculos y precios son un estimado, puesto que no son precios y materiales que

se manejen en La Dorada, son cotizaciones realizadas a empresas de Bogotá, Medellín y diferentes sitios de venta en línea que ofrecen los materiales descritos.

El presupuesto requerido para llevar a cabo la solución de conectividad que se ha planteado para la Institución Educativa es de veinticinco millones trescientos treinta y dos mil cuatrocientos cuarenta y siete pesos (\$25.332.477 COP). Sin embargo, realizar una instalación de este valor no es rentable para el plantel debido a los altos costos, por tal motivo, se brinda a la institución un segundo diseño de la red, con características similares, para que sea posible solucionar los problemas de conectividad, pero a un costo mucho menor.

Red Asequible para la Institución

Para el diseño de la red asequible para la Institución se tuvieron en cuenta las condiciones económicas de la Institución Educativa, de modo que sea lo más asequible para esta, en el caso de que se interesen por la propuesta realizada, además el diseño de dicha red, cuenta con las características necesarias para suplir la conectividad necesaria para evitar la pérdida significativa de la señal de internet.

Descripción de la Red Asequible para la Institución. Se diseñó una red jerárquica de núcleo fusionado, la cual cuenta con dos capas, la de acceso y la de núcleo fusionado, en esta última se combinan las funciones de la capa de distribución y la de núcleo para implementarlas mediante un único dispositivo, el motivo en la elección de este tipo de diseño es la significativa reducción de costos de la red, la cantidad de usuarios corresponde a una red pequeña, además se mantienen la mayoría de los beneficios del modelo de tres capas (Restrepo, 2019).

Los componentes que hacen parte de cada capa, se describen a continuación.
Se tendrán los siguientes elementos en la capa de acceso:

- Veintiocho (28) Puntos de acceso fijo.
- Un Punto (1) Punto inalámbrico.
- Dos (2) paneles de parcheo de 24 puertos.
- Dos (2) switches de 24 puertos.

Se tendrán los siguientes equipos en la capa de núcleo fusionado:

- Un (1) router del Proveedor de Internet.
- Un (1) switch de distribución.
- Un (1) Firewall.

El diseño de la red, así como los elementos que la componen se pueden visualizar en la Figura 12.

Las conexiones para la capa de núcleo fusionado se hacen a partir del router del proveedor de servicios, de éste se realiza una conexión hacia el firewall, que se encarga de proteger la red, del firewall se realiza la conexión hacia el switch capa 3.

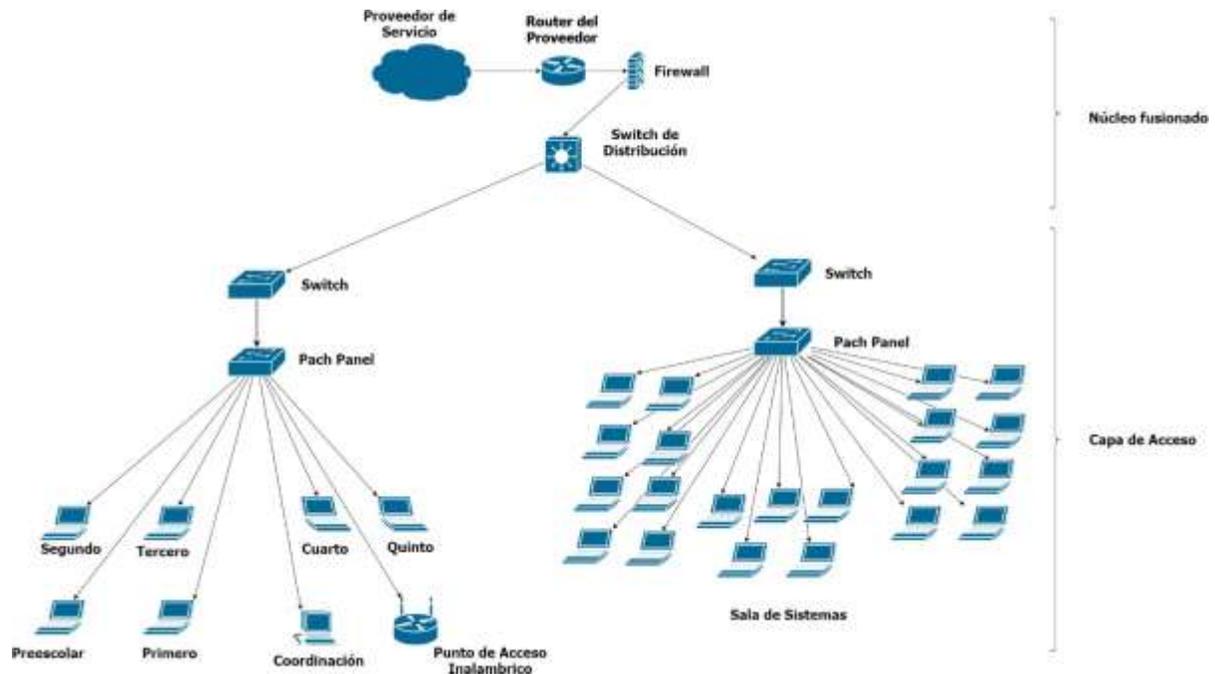
Para la capa de acceso se realiza la conexión del switch capa 3 hacia los dos switches de capa 2 que serán de 24 puertos cada uno, de estos sale la conexión hacia dos paneles de parcheo de 24 puertos cada uno, éstos con el fin de que los cables queden fijos para evitar posibles de daños físicos al cable por manipulaciones excesivas. De uno de los paneles de parcheo se tendrán las conexiones hacia la sala de sistemas, mientras que del otro panel de parcheo saldrán las conexiones para cada uno de los salones, incluyendo la sala de coordinación y el punto de acceso inalámbrico. Los equipos de la red, estarán ubicados en un gabinete dentro del aula de sistemas.

En cuanto a los puntos de acceso cableado se tendrán un total de 28 los cuales están distribuidos 21 en la sala de sistemas, 7 en los salones y un punto inalámbrico, se usarán

terminales RJ45 y cable UTP categoría 5E.

Figura 12

Diseño de Red Asequible para la Institución



Fuente. Autoría propia.

Para el cableado vertical se plantea instalar 7 bandejas de malla metálica (ver Tabla 13) fijadas a través de 14 soportes INSTA-FIX multiuso, en tanto que, para el cableado horizontal se requiere instalar cada 3 metros unas 35 bandejas metálicas tipo malla, conectadas a través de 70 acoples multipropósito y sus correspondientes 70 soportes ‘Omega’ para pared. Cabe resaltar que para fijar estos últimos se necesitan 140 tornillos de cabeza hexagonal.

Asimismo, sobre las bandejas irán un total de 477.4 metros de cable UTP, que parten desde el gabinete de la sala de sistemas y llegan no sólo a cada uno de los tomas RJ45 ubicados en los salones, sala de sistemas y coordinación, sino también al punto de

acceso inalámbrico. Los materiales que se necesitan para la red de la Figura 12 se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12

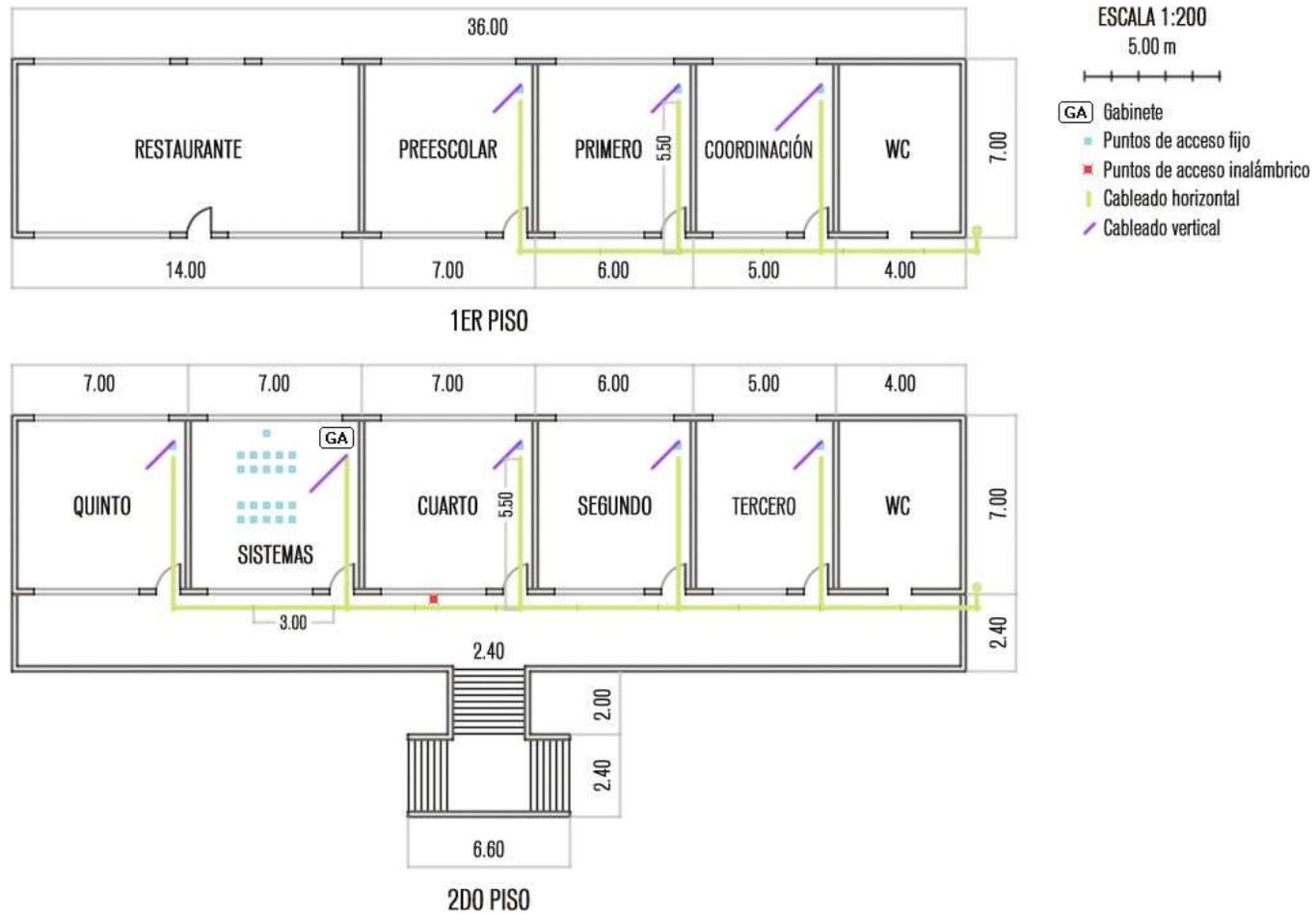
Materiales Requeridos del Diseño de la Red Asequible

Elemento	Descripción
Bandeja metálica tipo malla	Dimensión 60 × 100 Longitud 100 mm
Soporte 'OMEGA' para pared	Dimensión 100 Longitud 100 mm para bandeja
Tapa recta	Dimensión 100 Longitud 100 mm para bandeja
Tapa curva de 90	Dimensión 100 Longitud 100 mm para bandeja
Soporte INSTA-FIX multiuso	Dimensión 60 × 100 Longitud 100 mm para bandeja
Acople multipropósito	Conexión entre la bandeja y el soporte
Salidas de cable	Accesorio para curvatura optima del cable
Acople multipropósito	Conectores necesarios cada 3 metros
Cinta velcro	Cinta adhesiva tipo velcro para sujetar cables
Tornillo cabeza hexagonal	3/8 pulgada × 1-1/4 pulgada y Tuerca
Chazos estriados	3/8 pulgada × 1-1/4 pulgada
Toma RJ45	Sencillo de categoría 5E sobrepared
Cable UTP	Categoría 5E 24 AWG, Bobina de 305 m
Terminales RJ45	Categoría 5E, Bolsa × 100 Unidades
Canaleta piso	Canaleta con adhesivo 13 × 60 × 2000 mm
Accesorio T canaleta piso	Accesorio T canaleta 60 × 13 mm
Canaleta pared	Canaleta con adhesivo 60 × 100 × 2000 mm
Accesorio T canaleta pared	Accesorio canaleta 60 × 100 mm
Accesorio ángulo interno pared	Accesorio canaleta 60 × 100 mm
Rack	Gabinete de pared 11U, Puertas laterales removibles
Bandejas organizadoras para rack	Bandeja fija ventilada de 1U
Regleta	Multitoma de 8, Supresor de Picos, AVIMAR
Paneles de parcheo	Categoría 5E, 24 Puertos, Infinite
Switch de distribución	Aruba 1930, Puertos 24 Gigabit JL682A
Switch de Capa 2	HP OfficeConnect 1420 Referencia JH017A , 24 Puertos
Router o access point	TP-Link TL-WR941HP
Firewall	Cisco ASA5506-K9, 8 Puertos

En la Figura 13 se observa la distribución de los elementos, tales como el cableado vertical y horizontal, las bandejas por donde se transportarán los cables UTP de categoría 5E para brindar el acceso a internet, entre otros. Además se muestra la ubicación de los puntos de acceso a internet dentro de cada salón, así como el punto de acceso inalámbrico.

Figura 13

Diagrama de Puntos de Acceso para la Red Asequible



Fuente. Autoría propia.

En la Tabla 13 se resumen los materiales necesarios para realizar el diseño de la red asequible, con sus cantidades, valor unitario y valor total para cada uno de ellos.

Tabla 13

Costos de los Materiales Requeridos del Diseño de la Red Asequible

Elemento	Cantidad	Precio Unitario / Valor	Valor total
Bandeja metálica tipo malla	42	\$53.431	\$2'244.102
Soporte 'OMEGA' para pared	70	\$9.068	\$634.760
Tapa recta	1	\$46.053	\$46.053
Tapa curva de 90	4	\$21.453	\$85.836
Soporte INSTA-FIX multiuso	14	\$6.188	\$86.632
Acople multipropósito	242	\$2.023	\$489.566
Salidas de cable	9	\$16.838	\$151.542
Cinta velcro	50 m	\$35.900	\$71.800
Tornillo cabeza hexagonal	168	\$1.800	\$302.400
Chazos estriados	168	\$700	\$117.600
Canaleta piso	6	\$31.650	\$189.900
Accesorio T canaleta piso	16	\$8.300	\$132.800
Canaleta pared	4	\$34.501	\$138.004
Accesorio T canaleta pared	2	\$14.950	\$29.900
Accesorio ángulo interno pared	2	\$14.950	\$29.900
Toma RJ45	28	\$15.900	\$445.200
Cable UTP	477.4 m	\$165.000	\$330.000
Terminales RJ45	56	-	\$12.990
PDU Regleta	1	\$55.900	\$55.900
Rack	1	\$446.000	\$446.000
Bandejas organizadora	5	\$72.5000	\$362.500
Paneles de parcheo	2	\$125.000	\$250.000
Switch de distribución	1	\$1.235.000	\$1'235.000
Switch de Capa 2	2	\$1'018.924	\$2'037.848
Router o access point	1	\$258.000	\$278.000
Firewall	1	\$ 3'391.358	\$ 3'391.358
Total			\$13'595.591

Nota. Los cálculos y precios son un estimado, puesto que no son precios y materiales que se

manejen en La Dorada, son cotizaciones realizadas a empresas de Bogotá, Medellín y diferentes sitios de venta en línea que ofrecen los materiales descritos.

El costo total para la red es de trece millones quinientos noventa y cinco mil quinientos noventa y uno pesos (\$13'595.591 COP), lo cual es una reducción considerable, comparado con el presupuesto requerido para la red ideal, que se muestra en la Tabla 11.

Comparando la Tabla 13 con la Tabla 10, se observa que los recursos necesarios para llevar a cabo la red se conservan, es decir, los elementos del cableado estructurado por donde debe ir el tendido del cableado UTP categoría 5E se pueden usar para pasar de una red física viable a una infraestructura ideal a futuro, ya que la gran diferencia de costos radica en la cantidad y valor de los dispositivos a utilizar, así como las características de cada uno de estos. Asimismo, al observar detenidamente las Figuras 13 y 11 se ratifica lo anterior, pues se usa la misma infraestructura, pero se hace una reducción en puntos de conexión por los costos, de modo que al tener la posibilidad de convertir un red física viable a una red ideal se accede a la posibilidad de mejorar la estabilidad de red, así como permitirse escalabilidad y flexibilidad en cuanto a los equipos, generando de esta forma una red óptima que permita mejorar la cobertura del servicio de internet en la Institución Educativa. Gracias a esto último, se logra cumplir con el tercer objetivo de este trabajo.

Conclusiones

Con el mejoramiento de la red y la infraestructura es posible aumentar la cobertura del servicio de internet requerido en la institución, pues ésta requiere de un acceso permanente al mismo para que puedan realizarse las actividades escolares en la modalidad tanto presencial como virtual.

Considerando las limitaciones de presupuesto con las que cuenta el plantel educativo, dado el escaso apoyo por parte del Estado Colombiano, fue posible ofrecer una solución de diseño óptima, acorde a las necesidades de la Institución en cuanto a costos y cobertura, a través de un modelo de red fusionado, el cual no solo posibilita la escalabilidad a una red ideal en el futuro, sino que brinda un buen rendimiento y fácil mantenimiento, dado que al ser un diseño en capas, es posible separar los problemas que se generan en la red en áreas, facilitando la administración. Una importante ventaja de este modelo es que adicionalmente a lo anterior, reduce en gran medida los costos de instalación al implementar menos materiales, sin llegar a sacrificar la estabilidad de la red, para así cubrir las necesidades de conectividad que se debían resolver y cumplir con el tercer objetivo propuesto en el trabajo.

Aunque en Colombia los planes educativos actuales tienen como objetivo que la educación, además de ser gratuita, sea de calidad e incluyente, todavía persiste la desigualdad en el acceso a las tecnologías digitales, especialmente en las comunidades más vulnerables. Esto sucede en parte, debido de la falta de conciencia de conectividad, no sólo a raíz de una brecha significativa en materia de dotación de recursos como computadores, sino de las mismas instituciones, donde la baja apropiación —por ausencia de interés o desconocimiento— de las tecnologías digitales y la falta de monitoreo, evaluación y mantenimiento de las redes y dispositivos, ha llevado a una deficiencia de dicha conectividad, que se mantiene o empeora en el tiempo, y que termina por incidir en la calidad de las prácticas educativas en las sedes escolares.

En efecto, tal situación se observó al realizar una primera aproximación a la I.E. para efectuar el levantamiento de los planos y verificar su infraestructura de manera topológica y física, con el fin de cumplir con el segundo objetivo del trabajo. Se presentaron varios inconvenientes a la hora de recopilar la información necesaria, debido a que la parte administrativa de la institución en sí, no tenía clara las características de la red instalada, así como el plan adquirido y si este cubría las necesidades de conectividad que requería la institución, generando múltiples dificultades en el diagnóstico de la red existente.

Adicionalmente, al realizar la búsqueda y posterior análisis de los proveedores de servicios de internet, fue posible constatar la poca oferta que existe respecto a los operadores disponibles que pueden suplir las necesidades del servicio de internet en La Dorada, Caldas, particularmente porque varios de los operadores consultados no brindaban servicio en la zona requerida. De igual manera, son reducidas las ofertas en cuanto a los planes y sus medios de acceso, ya que algunos operadores todavía emplean el cobre y la fibra híbrida coaxial, llevando a una disminución en la velocidad de transmisión de los datos y generando poca estabilidad en las conexiones debido a interferencias como las electromagnéticas. No obstante, se logró alcanzar el primer objetivo de este trabajo al tener en consideración las empresas que ofrecen sus servicios de internet por medio de la fibra óptica, la cual puede transmitir datos sin pérdida de calidad a largas distancias y sin sufrir interferencias en su señal.

Finalmente, la solución de problemas de conectividad es fundamental en el marco educativo, pues el avance tecnológico ha hecho indispensable el uso cotidiano y continuo del internet, no sólo en el ámbito académico, dada la alta competitividad en la oferta profesional, sino en lo social, afectivo y económico. Por lo tanto, es necesario motivar a los estudiantes, particularmente a los más jóvenes, a desarrollar sus habilidades para el aprendizaje mediante

espacios de innovación que faciliten la integración y trabajo colaborativo de manera contextualizada, que les permita, no sólo prepararse para el emprendimiento de manera técnica, sino alcanzar oportunidades reales para el trabajo y para la vida.

Referencias

Arévalo Arboleda, S. G. (2010). *Método para Evaluar el Desempeño en Redes Inalámbricas*.

[Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio

Institucional PUCE. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/3763>

Axess Networks (2021, 4 de agosto). *¿Cómo funciona un enlace de Internet satelital?*.

<https://axessnet.com/como-funciona-un-enlace-de-internet-satelital/>

Barrera, J. J., Bernal Aldana, G. A. y Angel Hernandez, C. A. (2019). *Diseño de una Red LAN para el Colegio Departamental Integrado de Manta* [Tesis de pregrado, Universidad

Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC.

<https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/13066>

Cablem@s. (2018). *¿Quiénes somos?*. <http://cablemas.com.co/nosotros/>

Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones. (2021). *Opensignal reconoce a Claro como el operador con la mejor experiencia cobertura 4G en Colombia*.

<https://www.ccit.org.co/blog/opensignal-reconoce-a-claro-como-el-operador-con-la-mejor-experiencia-cobertura-4g-en-colombia/>

CenturyLink. (2022). *¿Qué velocidad de Internet necesito?*.

<https://espanol.centurylink.com/home/help/internet/what-internet-speed-do-i-need.html>

Cevallos Rojas, R. A. y Montalvo Espinosa, R. R. (2010). *Estudio y Diseño de una Red de Última Milla, Utilizando la Tecnología GPON, para el Sector del Nuevo Aeropuerto de Quito* [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional EPN.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1886>

CISCO. (2016). Capítulo 1: Exploración de la red, Sección 1.2. LAN, WAN e Internet [Curso].

En CISCO. Introducción a las Redes.

CISCO. (2016b). Capítulo 3: Protocolos y comunicaciones de red, Sección 3.2.3.3 IEEE [Curso].

En CISCO. Introducción a las Redes.

CISCO. (2016c). Capítulo 4: Acceso a la red, Sección 4.2.3.1 Propiedades del Cableado de Fibra Óptica [Curso]. En CISCO. Introducción a las Redes.

Cisco Systems (2003). *Cisco Networking Academy Program CCNA 1 and 2 Companion Guide* (3rd ed.). Cisco Press.

Congreso de la República de Colombia. (2012, 7 de junio). *Ley 1532 de 2012*. Diario Oficial No. 48454. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47730>

Cortés Carvajal, J. (2016). *Determinación del Camino Óptimo de Migración hacia una AON de un Operador de Telecomunicaciones en Colombia* [Tesis de Maestría, Universidad del Valle]. Repositorio Digital Univalle. <http://hdl.handle.net/10893/15354>

Duarte-Acosta, N., Bareño-Gutiérrez, R. y Forero-Páez, N. (2016). Análisis comparativo de metodologías en arquitectura de la información aplicadas a contextos empresariales. *Ingenio Magno*, 7(1), 32-44.

Dueñas Flor, S. A. y Ordoñez Obando, D. E. (2010). *Estudio Comparativo de Tecnologías de Acceso de Última Milla para Determinar Soluciones de Conectividad en el Sector Rural de la Provincia de Imbabura* [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2048>

EdateI–Tigo. (2021). *¿Quiénes somos?*. <https://www.edatel.com.co/nuestra-compania/informacion-corporativa/quienes-somos>

- E. del Valle, A. (2010, 27 de enero). *Informática y nuevas tecnologías La «última milla»*. Libre Opinión. <https://www.libre-opinion.org/?p=2351>
- Fajardo-Pascagaza, E. y Cervantes-Estrada, L. C. (2020). Modernización de la educación virtual y su incidencia en el contexto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). *Academia y Virtualidad*, 13(2). <https://doi.org/10.18359/ravi.4724>
- FastPlay. (2021). *Inicio*. <https://www.fast-net.com.co/>
- Fibertelco. (2021). *Nuestros Planes*. <https://fibertelco.com/>
- Ganuzo, J. J., Viacens, M. F. y Perca, K. (2011). Las Redes de Nueva Generación: ¿un nuevo modelo para las telecomunicaciones en España?. *Cuadernos Económicos de ICE*, 2011(81), 243-265. https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-02-17_07-27-18132399.pdf
- González-Villalobos, J. U. (2020). *Comparación entre el Estándar IEEE 802.11ax y el estándar IEEE 802.11ac para determinar la evolución del rendimiento de las Redes de Área Local Inalámbricas (WLAN)*. [Especialización en Teleinformática, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio UDistrital. <http://hdl.handle.net/11349/25098>
- Google. (s.f.). [Institución Educativa Técnico Alfonso López]. Google Maps. Recuperado el 3 de junio de 2021 de <https://goo.gl/maps/62ot9oERcW8xvnt7>
- HughesNet. (2021a). *Internet Satelital en La Dorada Caldas*. <https://contratarinternetsatelital.com/caldas/la-dorada/internet-satelital>
- HughesNet. (2021b). *#1 Internet Satelital Dondequiera que Vivas*. https://www.hughesnet.com.co/buscar-planes?plan_type=Residential

Hwang, D. (2021). *Red de área local o LAN*. ComputerWeekly.es.

<https://www.computerweekly.com/es/definicion/Red-de-area-local-o-LAN>

Medina Reyes, M. F. y González Mogollón, J. F. (2011). *Análisis del desempeño de una red de nueva generación* [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica de Bolívar]. Repositorio Institucional UTB. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062644.pdf>

Ministerio de Educación Nacional. (2020, 9 de octubre). *Directiva No 016*.

https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-401432_documento_pdf.pdf

Molero, L. G. (2008). *Ethernet e IEEE 802.3 y Arquitectura de TCP-IP*. Universidad Rafael Belloso Chacín. <https://www.urbe.edu/info-consultas/web-profesor/12697883/archivos/Redes%20de%20Area%20Local%20y%20Metropolitana-cd2/Contenido/EtherneteIEEE802.3yArquitecturadeTCP-IP.pdf>

NetworkingSat. (2021, 24 de febrero). *Qué es Internet Satelital*.

<https://networkingsat.com/blog/que-es-internet-satelital/>

Ortiz, A. (2020, 3 de abril). *Por qué la conectividad Last Mile, Última Milla, es Importante para su Red*. HostDimeBlog Premier Global Data Centers. <https://blog.hostdime.com.co/por-que-la-conectividad-last-mile-ultima-milla-es-importante-para-su-red/>

Páez, N. A. F., Gutiérrez, R. B. y Acosta, N. D. (2016). La importancia del uso del ejemplo en estudiantes de ingeniería para fortalecer el auto aprendizaje. *Ingenium*, 17(34), 136-146.

Pérez, W, D. (2010). *Redes Ópticas. Evolución en Servicio y Tecnología*. [Tesis de Maestría, Escuela de Posgrado del Instituto Tecnológico de Buenos Aires]. Repositorio ITBA. <https://ri.itba.edu.ar/handle/123456789/584>

Restrepo, J. (2019, 8 de Julio). *CCNA v5 en PDF (1, 2, 3 y 4) Offline*.

<https://julioestrepo.wordpress.com/2019/07/08/ccna-v5-en-pdf-1-2-3-y-4-offline/>

Santos-González, M. (2012, 5 de noviembre). *La última milla, tecnologías de acceso*. Redes

Telemáticas. <https://redestelematicas.com/la-ultima-milla/>

Shaw, K. (2018, 3 de febrero). *802.11: estándares de Wi-Fi y velocidades*. ComputerWorld.

<https://www.computerworld.es/wifi/80211-estandares-de-wifi-y-velocidades>

Soto Sánchez, O. A. (2011). *Comparación de la eficiencia volumétrica entre redes inalámbricas*

WiFi y WiMAX. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].

Repositorio Institucional UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3443390>

Telefónica. (2021). *Acerca de Telefónica Colombia*. [https://www.telefonica.co/acerca-de-](https://www.telefonica.co/acerca-de-telefonica-colombia)

[telefonica-colombia](https://www.telefonica.co/acerca-de-telefonica-colombia)

Vargas, I. A. (2014). *Sistemas de fibra óptica*. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.

https://www.academia.edu/23265696/SISTEMAS_DE_FIBRA_OPTICA

Vásquez Ramos, G. M. y Triviño Cusme, M. A. (2019). *Diseño y Desarrollo de una Red LAN*

Jerárquica y un Prototipo de Sistema Web con Módulos de: Turnos, Citas Previas y

Seguridad Perimetral de la Red para la Sociedad Ecuatoriana Pro-rehabilitación de los

Lisiados (SERLI) [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio

Institucional UG. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39261>

Wireless Colombia. (2020). *Quiénes Somos*. <https://wirelesscolombia.com/#quienessomos>

Zheng Huang, L. P. (2017). *Diseño e Implementación de una Red LAN para la Empresa Palinda*

[Tesis de Licenciatura, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio Digital USFQ.

<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6383/1/130874.pdf>