

Implementación de redes de nueva generación en zonas rurales

Jhon Salcedo Henao

Tutor

PHD. Mauricio Ochoa

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Especialización en redes NGN

2026

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por

brindar el espacio académico y las herramientas necesarias para la consolidación de esta monografía Trabajo de Grado para mi Especialización en Redes de Nueva Generación NGN.

Principalmente, expreso una gratitud profunda a mi familia, en especial a mi esposa Alexandra Chávez Bolaños, a mis hijos Juan Miguel Salcedo Chávez, Juan Ángel Salcedo Chávez, Isabela

Salcedo Cárdenas, y al Ingeniero Jhon Fredy Salcedo García, a mi hermano el genio Julián Andrés Salcedo; cuyo amor, respaldo y ejemplo son fundamentales para alcanzar mis metas.

Un especial reconocimiento al director nacional de Especialización de Redes NGN PHD.

Mauricio Ochoa, por su orientación, criterio y acompañamiento durante el desarrollo del proyecto.

Se extiende un agradecimiento sincero a la empresa Colombiatel Telecomunicaciones y todo su equipo de colaboradores, compañeros incansables, especialmente al Ingeniero Alejandro Herrera

– Director de Infraestructura, a Jorge Armando Rivera - Director Comercial, Suleny Hincapié –

Directora Financiera, equipo administrativo, comercial y mesa de ayuda por haber permitido documentar una experiencia real de implementación en campo, pero SOBREMNERA al equipo técnico que expone su vida día a día en labores de altísimo riesgo activamente en cada fase del

despliegue.

Así mismo, se agradece a la comunidad del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, por su disposición, participación y confianza durante todo el proceso de implementación, y por ser parte

activa de esta transformación digital.

Resumen

La brecha digital entre zonas urbanas y rurales continúa siendo uno de los principales retos para el desarrollo socioeconómico en Colombia. Los corregimientos de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas, en el municipio de Ginebra, Valle del Cauca, han presentado históricamente deficiencias de conectividad que han limitado el acceso a Internet, educación virtual, telemedicina y nuevas oportunidades económicas.

Como ingeniero de telecomunicaciones y en proceso de culminación de la especialización en redes de Nueva Generación (NGN), considero fundamental presentar este trabajo de grado, una monografía que surge a partir de la necesidad de reducir dicha brecha en mi municipio de nacimiento, Ginebra – Valle del Cauca. Desde la empresa **Colombiatel Telecomunicaciones**, la cual gerencio y en la que formo parte activa del grupo de ingeniería, se decidió implementar un proyecto de impacto social: una red de telecomunicaciones para el acceso a Internet de alta velocidad y servicios TIC, basada en tecnologías NGN mediante arquitectura FTTH/GPON, complementada con sistemas de televisión digital distribuidos ópticamente mediante EDFA y mininodos.

Esta monografía documenta de manera estructurada el proceso de implementación, desde el análisis de las condiciones iniciales, el diseño técnico y operativo, hasta la evaluación del impacto social generado. El estudio demuestra la viabilidad de aplicar soluciones tecnológicas avanzadas mediante el uso de equipos de hardware asequibles para cualquier proveedor de servicios de Internet (ISP), de configuración sencilla y complementados con herramientas libres o de bajo costo para la gestión, análisis, atención al cliente y facturación. Todo ello permite simular una implementación similar al modelo IMS (Subsistema Multimedia IP), necesario para llevar

tecnologías de vanguardia y alta calidad a zonas rurales, como estrategia para fomentar la equidad digital y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Palabras clave: brecha digital, redes NGN, FTTH, GPON, IMS, inclusión digital, televisión digital, telecomunicaciones rurales.

Abstract

The digital divide between urban and rural areas remains one of the main challenges for Colombia's socio-economic development. The rural settlements of Costa Rica, La Floresta, and Villavanegas, located in the municipality of Ginebra, Valle del Cauca, have historically experienced connectivity deficiencies that limited access to the Internet, virtual education, telemedicine, and emerging economic opportunities.

As a telecommunications engineer currently completing a specialization in Next Generation Networks (NGN), I consider it essential to present this graduation project—this monograph—which emerged from the need to reduce the digital gap in my hometown of Ginebra, Valle del Cauca. At **Colombiatel Telecomunicaciones**, the company I manage and where I am part of the engineering team, we decided to implement a socially impactful project: a telecommunications network for high-speed Internet access and ICT services, based on NGN technologies using FTTH/GPON architecture, complemented by digital television systems transmitted via fiber optics using EDFA and mininodes.

This monograph provides a structured documentation of the implementation process—from the analysis of initial conditions, through technical and operational design, to the evaluation of the social impact generated. The study demonstrates the viability of applying advanced technological solutions using affordable, easily configurable hardware suitable for any Internet Service Provider (ISP), complemented by open-source or low-cost tools for network management, analytics, customer service, and billing. These tools simulate an IP Multimedia Subsystem (IMS)-like environment, which is essential for bringing high-quality, cutting-edge technology to rural areas as a strategy to promote digital equity and improve quality of life.

Keywords: digital divide, NGN networks, FTTH, GPON, IMS, digital inclusion, digital television, rural telecommunications.

Tabla de Contenido

Introducción	14
Planteamiento del Problema	16
Descripción de la Realidad Problemática.....	16
Justificación	19
Objetivos.....	22
Objetivo General	22
Objetivos Específicos.....	23
Marco Teórico.....	24
Redes de Nueva Generación (NGN).....	24
Arquitectura FTTH y Tecnología GPON	26
Subsistema Multimedia IP (IMS).....	27
Amplificadores Ópticos EDFA	29
Plataforma Mikrotik y RouterOS como Solución de Borde	30
OLT Huawei MA5608T: Características y Ventajas Técnicas	32
Brecha Digital Rural en Colombia.....	33
Metodología	35
Tipo de Proyecto	35
Enfoque Metodológico.....	35

Técnicas y Fuentes de Información.....	36
Herramientas Utilizadas	36
Contexto y Alcance	36
Resultados y Discusión.....	38
Diagnóstico Inicial de Conectividad en los Corregimientos.....	38
Estudio de Mercado y Validación de Demanda.....	39
Estrategia Comercial y Promoción del Proyecto.....	40
Equipamiento Central y Diseño de Red Principal.....	43
<i>Equipamiento instalado</i>	43
<i>Diseño WAN y Conectividad Exterior</i>	43
Seguridad de Red y Buenas Prácticas de Configuración	46
<i>Buenas Prácticas de Protección en Networking</i>	47
<i>¿Qué es un Firewall y Por Qué se Usa en Redes ISP?</i>	48
Gestión y Automatización con Wispro Cloud.....	49
Funciones Gestionadas desde la Plataforma	50
Despliegue de la Red Óptica de Acceso (Troncal y Ramales)	53
<i>Diseño de Red y Estrategia de Cobertura</i>	53
<i>Gestión de Permisos y Uso de Infraestructura</i>	54
<i>Instalación de Cajas de Distribución y Empalmes</i>	54
<i>Medición y Pruebas de Potencia</i>	55

Instalación Domiciliaria y Entrega de Servicios	56
<i>Proceso Técnico de Instalación por Vivienda</i>	56
<i>Automatización del Proceso de Activación</i>	57
Validación del Servicio y Pruebas Finales	58
<i>Pruebas de Velocidad</i>	58
<i>Pruebas de Navegación y Streaming</i>	58
<i>Validación del Servicio de Televisión Digital Óptica</i>	59
Impacto Social Percibido por los Usuarios	59
<i>Metodología de Recolección</i>	60
<i>Testimonios Destacados</i>	60
Conclusiones	62
Referencias Bibliográficas	64

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Enfoque Estructural del Trabajo de Grado (Monografía)</i>	13
Tabla 2 <i>Encuesta Inicial sobre Percepción de Conectividad (Simulada)</i>	39
Tabla 3 <i>Resultados del Estudio de Mercado</i>	40
Tabla 4 <i>Test de Velocidad</i>	58
Tabla 5 <i>Resumen de Respuestas más Relevantes</i>	60

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Localización de los Corregimientos Intervenidos en el Municipio de Ginebra, Valle del Cauca</i>	17
Figura 2 <i>Contexto Urbano y Cultural de Ginebra, Valle del Cauca</i>	18
Figura 3 <i>Comparación de Conectividad Significativa Rural y Urbana en Países de América Latina</i>	20
Figura 4 <i>Presentación del Proyecto de Redes NGN para Zonas Rurales.</i>	22
Figura 5 <i>Esquema NGN</i>	25
Figura 6 <i>Red Fibra al Hogar (FTTH)</i>	26
Figura 7 <i>Arquitectura IMS</i>	29
Figura 8 <i>Software Routers Mikrotik</i>	32
Figura 9 <i>Antecedentes, Conectividad Rural Inalámbrica</i>	38
Figura 10 <i>Oficina Movil</i>	42
Figura 11 <i>Volantes Publicitarios</i>	42
Figura 12 <i>Wan - Ospf - Bgp - Filtros</i>	44
Figura 13 <i>Configuración Firewall Básico</i>	45
Figura 14 <i>Diseño de Red Internet a GPON</i>	46
Figura 15 <i>Firewall</i>	49
Figura 16 <i>Wispro Cloud</i>	50
Figura 17 <i>Planes de Internet</i>	51
Figura 18 <i>Gestión de Router Borde - Core</i>	51
Figura 19 <i>Gestión de OLT</i>	52
Figura 20 <i>App para Técnicos Instaladores</i>	53

Figura 21 <i>Armado de Cajas Muflas y Cajas NAP</i>	54
Figura 22 <i>Coordinacion y Planificacion en Campo.</i>	55
Figura 23 <i>Instalacion FTTH</i>	57
Figura 24 <i>Brindis</i>	59
Figura 25 <i>Compañeros Celebrando</i>	61

Enfoque Estructural del Trabajo

Tabla 1

Enfoque Estructural del Trabajo de Grado (Monografía)

Momento	Descripción	Enfoque
1. Justificación del proyecto	Por qué fue necesario, situación nacional, brecha digital rural, contexto gobierno nacional, cobertura TV/Internet, exclusión social.	Contexto nacional, artículos, estadísticas y análisis normativo.
2. Desarrollo del proyecto	Cómo se diseñó e implementó la red: hardware usado, arquitectura, programación de equipos, software para emular escenario IMS, despliegue físico y operativo.	Ingeniería aplicada a redes de nueva generación, evidencias fotográficas, línea de tiempo.
3. Impacto en la comunidad	Resultados observados: entrevistas, encuestas, mejoras sociales, educativas, laborales, acceso a las TICs.	Narrativo, gráfico, validación social del proyecto.

Tomado de: *Autoría propia*

Introducción

El acceso a servicios de telecomunicaciones de alta calidad, se ha convertido en un derecho esencial para el desarrollo humano, la equidad social y la competitividad económica. En el contexto actual, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) no solo habilitan el acceso al conocimiento, sino que también son fundamentales para garantizar oportunidades en educación, salud, empleo y participación ciudadana.

No obstante, en Colombia persisten brechas estructurales entre las zonas urbanas y rurales, especialmente en términos de cobertura y calidad de servicios de Internet y televisión digital. Según el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC (2023), el 75 % de los hogares urbanos cuentan con Internet fijo, mientras que en las zonas rurales esta cifra apenas alcanza el 28 %, lo que evidencia una brecha digital que limita el desarrollo de millones de colombianos (MinTIC, 2023).

En respuesta a esta problemática, surge la necesidad de implementar soluciones sostenibles y escalables, que permitan llevar conectividad avanzada a sectores históricamente marginados. Esta monografía se enmarca dentro del proceso de formación en la Especialización NGN (Next Generation Network) y tiene como objetivo, presentar una experiencia real de implementación de una red de telecomunicaciones de nueva generación con impacto social, desarrollada en los corregimientos rurales de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas, pertenecientes al municipio de Ginebra, Valle del Cauca.

Como ingeniero de telecomunicaciones y estudiante en proceso de culminación de la especialización en redes NGN, lideré junto con mi equipo en Colombiatel Telecomunicaciones —empresa que gerencio y en la que participo activamente en el diseño y ejecución de soluciones técnicas— el despliegue de una red de acceso basada en arquitectura FTTH/GPON,

complementada con distribución de televisión digital mediante sistemas EDFA y mininodos ópticos. Esta solución permitió brindar servicios de Internet de alta velocidad y contenidos audiovisuales de calidad a hogares, instituciones educativas y pequeños negocios rurales.

El presente documento se estructura en tres momentos fundamentales:

1. El análisis del contexto que motivó la intervención y la definición del problema de conectividad.
2. El desarrollo técnico del proyecto, que abarca el diseño de red, configuración de equipos, despliegue físico y uso de herramientas de gestión como Wispro Cloud.
3. La evaluación del impacto social, evidenciada mediante encuestas, entrevistas y testimonios de la comunidad beneficiada, que permiten valorar el alcance real de la intervención.

Este trabajo de grado, busca aportar al conocimiento práctico de la ingeniería en redes NGN aplicadas al entorno rural, demostrando que es posible llevar servicios de vanguardia a comunidades con baja infraestructura mediante soluciones accesibles, replicables y sostenibles.

Planteamiento del Problema

Descripción de la Realidad Problemática

En Colombia, el acceso desigual a servicios de telecomunicaciones entre zonas urbanas y rurales representa uno de los principales factores de exclusión social, económica y educativa. La carencia de conectividad adecuada en sectores apartados impide que miles de familias accedan a servicios esenciales como educación virtual, telemedicina, teletrabajo y; asimismo limita la participación en entornos digitales. Esta situación vulnera el derecho fundamental al acceso a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y refuerza las brechas históricas entre territorios con y sin cobertura.

Según el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC (2023), mientras el 75 % de los hogares urbanos en Colombia tienen acceso a Internet fijo, solo el 28 % de los hogares rurales cuentan con ese mismo servicio. Esta diferencia de más de 45 puntos porcentuales refleja una profunda desigualdad que afecta principalmente a las zonas alejadas de los centros urbanos y a las comunidades con menor presencia institucional. Esta brecha no solo limita el acceso a la información, sino que reduce considerablemente las oportunidades de desarrollo de los habitantes rurales.

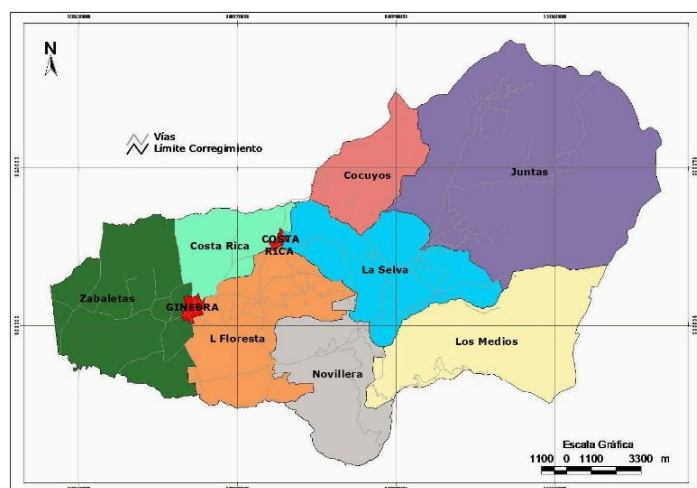
Los corregimientos de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas, ubicados en el municipio de Ginebra, Valle del Cauca, son territorios rurales que históricamente han enfrentado problemas de conectividad. En estas zonas, la cobertura de Internet ha sido inestable o nula, y los servicios de televisión digital no han estado disponibles de forma permanente, ni con estándares de calidad adecuados. Estas condiciones han impedido el acceso equitativo a servicios digitales básicos, generando desventajas en comparación con otras regiones del país.

Además de los desafíos técnicos, existe una marcada ausencia de operadores tradicionales que ofrezcan infraestructura de redes de nueva generación en estos corregimientos. La limitada inversión en zonas rurales, sumada a la dispersión geográfica de la población, hace que la brecha digital se mantenga como una problemática estructural sin resolver. Esta situación demanda la implementación de soluciones innovadoras, viables y sostenibles que respondan a las necesidades del territorio.

En este contexto, la presente monografía documenta una intervención real llevada a cabo por la empresa Colombiatel Telecomunicaciones, cuyo objetivo fue implementar una red de acceso basada en tecnologías NGN con arquitectura FTTH/GPON y servicios de televisión digital, como estrategia para cerrar la brecha digital en los corregimientos mencionados.

Figura 1

Localización de los Corregimientos Intervenidos en el Municipio de Ginebra, Valle del Cauca



Nota. Mapa territorial donde se identifican los corregimientos de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas, zonas seleccionadas para la implementación del proyecto de redes NGN con infraestructura FTTH/GPON y servicios TIC. Obtenido de. (CUMIS Ginebra, 2014)

Figura 2*Contexto Urbano y Cultural de Ginebra, Valle del Cauca*

Nota. Representación visual del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, lugar donde se implementó el proyecto de redes NGN. La imagen muestra la identidad cultural, el entorno arquitectónico y el contexto territorial.

Tomado de: (Travel Valle del Cauca, s.f.)

Justificación

El acceso equitativo a servicios de telecomunicaciones constituye un factor determinante para el desarrollo económico, social y educativo de cualquier territorio. En la actualidad, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son la base de múltiples servicios esenciales: educación virtual, telemedicina, comercio electrónico, banca digital, cultura, gobierno en línea y participación ciudadana. Sin embargo, en Colombia persisten enormes desigualdades entre zonas urbanas y rurales en términos de conectividad, calidad de los servicios y asequibilidad de las tecnologías.

La brecha digital afecta de forma directa a comunidades rurales como los corregimientos de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas, en el municipio de Ginebra, Valle del Cauca. Durante años, estos territorios han carecido de una infraestructura sólida que les permita acceder a Internet de banda ancha o a servicios de televisión digital de calidad. Esta limitación ha restringido sus oportunidades de desarrollo, ha afectado el acceso a la educación en entornos escolares y familiares, y ha obstaculizado la posibilidad de integrarse a la sociedad digital contemporánea.

En el informe conjunto de la CEPAL y el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), se identificó que solo el 18,3 % de la población rural en Colombia cuenta con conectividad significativa, mientras que en las zonas urbanas esta cifra alcanza el 60,2 %. Este dato posiciona a Colombia como uno de los países con mayor desigualdad en acceso digital dentro de América Latina, por debajo del promedio regional (CEPAL & CAF, 2022). Esta evidencia subraya la necesidad urgente de intervenciones estructurales que amplíen la infraestructura tecnológica en el sector rural.

Figura 3

Comparación de Conectividad Significativa Rural y Urbana en Países de América Latina



Nota. Colombia ocupa una de las posiciones más críticas en cuanto a brecha digital rural, con solo el 18.3 % de su población rural con conectividad significativa, frente a un 60.2 % en zonas urbanas.

Tomado de: CEPAL & CAF (2022)

Desde una perspectiva técnica, las redes de Nueva Generación (NGN), y en particular las soluciones FTTH/GPON, permiten la integración de servicios de datos, voz y video con calidad garantizada a través de una única infraestructura. Estas tecnologías, además de su escalabilidad, ofrecen costos accesibles de implementación, siendo ideales para operadores regionales como Colombiatel Telecomunicaciones.

Este trabajo de grado, desarrollado en el marco de la especialización en redes NGN, justifica su pertinencia en varios niveles:

- Técnico: demuestra la viabilidad de implementar redes de acceso avanzadas con hardware asequible, como enrutadores MikroTik, de configuración sencilla mediante plataformas gráficas o acceso web. Se complementa con herramientas de gestión accesibles como Wispro

Cloud, que permite centralizar funciones clave para un ISP, como monitoreo de red, facturación, gestión de usuarios, soporte técnico y análisis de consumo.

- Social: contribuye a reducir la brecha digital mediante el acceso a servicios TIC de última tecnología a precios accesibles, promoviendo la equidad digital en comunidades rurales.
- Académico: documenta una experiencia real, replicable y alineada con los objetivos nacionales de conectividad. Además, promueve el acceso a plataformas de educación virtual en diferentes niveles: desde procesos autodidactas, pasando por formación técnica como el SENA Virtual, educación superior como la UNAD, hasta programas internacionales como el Harvard Online Teaching Course.
- Territorial: fortalece el acceso digital en corregimientos históricamente marginados, aportando a su desarrollo integral, aumentando la calidad de vida y estimulando procesos locales de innovación tecnológica.
- Laboral: amplía el acceso al mercado laboral digital y a nuevas fuentes de ingresos como el teletrabajo, el comercio electrónico, la creación de contenido (influencers), la economía colaborativa, y actividades como el *trading* o la prestación de servicios digitales.

Objetivos

El presente trabajo de grado, desarrollado en el marco de la especialización en redes de Nueva Generación (NGN), tiene como propósito sistematizar una experiencia real de conectividad rural ya implementada por la empresa Colombiatel Telecomunicaciones liderada por el Ingeniero Jhon Salcedo Henao. La finalidad es aportar conocimiento técnico aplicado sobre el uso de tecnologías NGN en contextos rurales, evidenciar su impacto social y ofrecer una base práctica que pueda servir de guía para nuevos operadores o emprendimientos del sector.

Figura 4

Presentación del Proyecto de Redes NGN para Zonas Rurales.



Nota. Momento inicial del proyecto de conectividad rural, liderado por el ingeniero Jhon Salcedo Henao, Gerente General, Colombiatel. Esta reunión marcó el inicio estratégico y técnico del despliegue documentado en esta monografía.

Objetivo General

Documentar la experiencia adquirida en la implementación de una red de Nueva Generación (NGN) para la provisión de servicios de Internet de alta velocidad y multimedia en zonas rurales del municipio de Ginebra, Valle del Cauca; abordando desde el diagnóstico inicial

de conectividad limitada o inexistente, el proceso técnico de diseño y despliegue de la red FTTH/GPON, la puesta en marcha de los servicios ofrecidos, hasta la evaluación del impacto real generado en las comunidades beneficiadas, mediante entrevistas que reflejan cómo el acceso a las TIC ha transformado positivamente la vida de los usuarios. Asimismo, este trabajo busca servir como referencia práctica para nuevas empresas o pequeños proveedores de servicios de Internet (ISP), brindándoles una base técnica, operativa y económica sobre cómo es posible implementar tecnologías avanzadas con recursos limitados, de forma escalable y sostenible.

Objetivos Específicos

Caracterizar el contexto de conectividad en el país, según los informes de brecha digital rural y en específico en los corregimientos rurales de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas, identificando las principales limitaciones tecnológicas, sociales y de infraestructura que justificaron la intervención con tecnologías de Nueva Generación (NGN).

Sistematizar el proceso técnico de diseño, despliegue y puesta en marcha de la red FTTH/GPON y del sistema de televisión digital óptica, documentando cada etapa desde la selección de tecnologías hasta la activación de servicios.

Analizar el impacto generado por la implementación del proyecto en las comunidades beneficiadas, mediante entrevistas y testimonios que permitan evidenciar las mejoras obtenidas en acceso a las TIC, educación, calidad de vida y oportunidades productivas desde el punto de vista del usuario en su día a día.

Aportar un documento base monográfico para nuevos proveedores de servicios de Internet (ISP) o emprendimientos del sector, demostrando que es posible implementar soluciones NGN con recursos limitados, utilizando equipos asequibles y herramientas de gestión accesibles.

Marco Teórico

El desarrollo de soluciones de conectividad basadas en tecnologías de Nueva Generación (NGN) exige un marco conceptual que permita comprender sus fundamentos técnicos, su evolución frente a las redes tradicionales y su aplicabilidad en contextos rurales. En este capítulo se presentan los elementos clave que sustentan la implementación descrita en esta monografía, incluyendo la arquitectura de redes NGN, el modelo FTTH/GPON, la gestión de servicios multimedia, y herramientas modernas de administración y control.

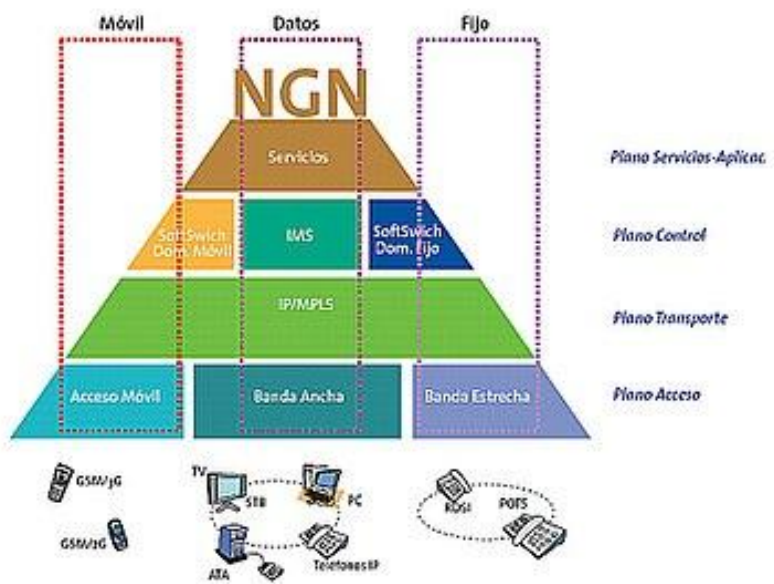
Redes de Nueva Generación (NGN)

Las redes de Nueva Generación (NGN) representan una transformación profunda en la arquitectura y operación de los sistemas de telecomunicaciones. A diferencia de las redes tradicionales, donde los servicios de voz, datos y televisión se transmiten sobre infraestructuras separadas, las NGN permiten unificar todos estos servicios sobre una única plataforma IP, optimizando recursos y ofreciendo mayor eficiencia (CINTEL - Centro de Investigación en Telecomunicaciones, 2008).

De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), una NGN se define como una red basada en conmutación de paquetes que proporciona servicios de telecomunicaciones, incluyendo multimedia y banda ancha, utilizando mecanismos de control independientes de la red de acceso (UIT-T, 2004). Esta definición resalta la capacidad de las NGN para soportar múltiples tecnologías de acceso y gestionar servicios de forma centralizada.

Figura 5

Esquema NGN



Nota. Muestra el despliegue jerárquico de una red NGN. Tomado de: (Wikipedia, 2025)

Entre sus principales ventajas se encuentran la escalabilidad, la interoperabilidad entre sistemas, la integración de servicios en tiempo real y la posibilidad de aplicar políticas de calidad de servicio (QoS) y seguridad de forma más eficiente. Además, permiten reducir costos operativos y acelerar la implementación de nuevos servicios, lo que las convierte en una opción especialmente atractiva para operadores emergentes y proyectos en zonas rurales (Internet Society, 2018).

En consecuencia, las NGN no solo representan un avance tecnológico, sino también una oportunidad estratégica para cerrar brechas digitales. Su flexibilidad y modularidad facilitan su adopción en regiones con baja infraestructura previa, permitiendo integrar servicios como Internet de alta velocidad, telefonía IP y televisión digital sobre una sola red (Internet Society, 2018).

Arquitectura FTTH y Tecnología GPON

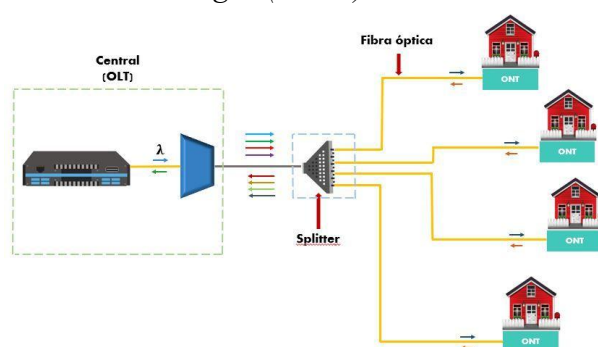
La arquitectura *Fiber to the Home* (FTTH) constituye uno de los modelos más avanzados en redes de acceso, ya que permite llevar fibra óptica directamente desde el nodo central del proveedor hasta el domicilio del usuario. A diferencia de tecnologías mixtas que combinan tramos de cobre o coaxial, FTTH garantiza un canal de transmisión íntegro, lo cual mejora considerablemente la velocidad, estabilidad y latencia del servicio.

Dentro de este modelo, la tecnología GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) es ampliamente utilizada debido a su eficiencia y escalabilidad. GPON utiliza una topología punto a multipunto, donde una sola fibra se divide pasivamente mediante *splitters* ópticos para servir a múltiples usuarios. Esto permite reducir los costos de infraestructura sin sacrificar el rendimiento.

GPON puede alcanzar velocidades de hasta 2.5 Gbps de bajada y 1.25 Gbps de subida por puerto OLT, soportando distancias de hasta 20 km. Además, al ser una red pasiva entre la OLT y la ONT del cliente, se reducen los puntos de falla y los requerimientos de mantenimiento, lo que la convierte en una opción altamente confiable (Gutiérrez & Gómez, 2020).

Figura 6

Red Fibra al Hogar (FTTH)



Nota. Nos brinda una representación gráfica de lo que es una red de fibra hasta el hogar (FTTH)

Tomado de: (Tafur, Guerrero, & Caballero, 2009)

En contextos rurales como los abordados en esta monografía, FTTH con GPON se presenta como una solución ideal para ofrecer servicios simétricos de alta velocidad, como los planes de 100, 200, 400 y 600 Mbps ofrecidos por Colombiatel Telecomunicaciones. La arquitectura también permite integrar televisión digital óptica y servicios multiservicio sin requerir infraestructura adicional.

Subsistema Multimedia IP (IMS)

El Subsistema Multimedia IP (IMS, por sus siglas en inglés *IP Multimedia Subsystem*) es una arquitectura desarrollada por la 3GPP con el fin de integrar y gestionar servicios multimedia en redes basadas en el protocolo IP. IMS surgió como respuesta a la necesidad de unificar servicios de voz, video, mensajería y datos dentro de un mismo entorno de control, independientemente del tipo de red de acceso utilizada (fija, móvil, inalámbrica, etc.) (3GPP, 2023).

Esta arquitectura se basa en una estructura modular que incluye elementos clave como el Proxy Call Session Control Function (P-CSCF), el Serving CSCF (S-CSCF), el Interrogating CSCF (I-CSCF) y el Home Subscriber Server (HSS). Estos componentes se encargan del enrutamiento de señales, la autenticación de usuarios, la asignación de perfiles de servicio y la gestión de sesiones multimedia a través del protocolo SIP (Session Initiation Protocol) (Johnston, 2009).

Entre las principales ventajas de IMS se encuentran la interoperabilidad entre operadores y dispositivos, la facilidad para introducir nuevos servicios, el control centralizado de calidad (QoS) y la posibilidad de aplicar políticas de seguridad más robustas. Por estas razones, IMS es considerado el núcleo funcional de las redes NGN y es ampliamente adoptado por operadores de gran escala a nivel mundial.

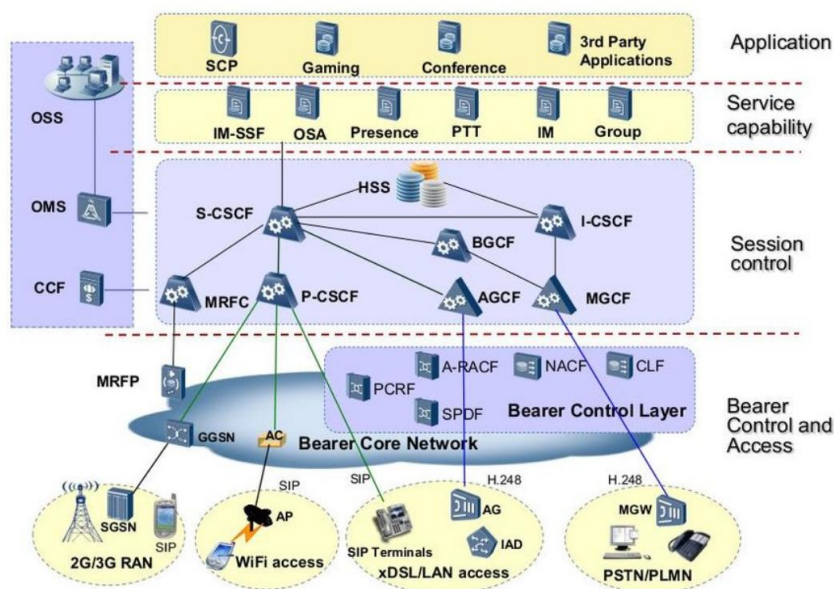
Aunque su implementación completa puede requerir infraestructura compleja, hoy en día existen herramientas comerciales o de código abierto que permiten emular funcionalidades IMS en entornos más reducidos. En este sentido, plataformas como Wispro Cloud, utilizada en este proyecto, reproducen parcialmente el comportamiento de IMS al permitir autenticación radius, asignación de servicios y planes, control de tráfico, contabilización, gestión de routers de borde y core, administración de OLT y monitoreo centralizado y otros muchos servicios necesarios para el correcto funcionamiento de un ISP.

Además, Wispro integra funcionalidades avanzadas para la gestión de dispositivos críticos de red, como los routers de borde, OLT y CPE (Customer Premises Equipment), mediante protocolos como TR-069. Esta capacidad permite realizar tareas de provisión, configuración remota y diagnóstico en tiempo real, lo que optimiza la operación de la red. Así mismo, la plataforma incorpora algoritmos de inteligencia artificial orientados al soporte técnico, brindando recomendaciones automáticas a los técnicos de primer nivel (nivel 1) para resolver incidencias comunes de forma más ágil y eficiente.

Esto demuestra que es posible aplicar conceptos derivados de IMS incluso en soluciones de conectividad rural con recursos limitados, generando una experiencia de servicio moderna, escalable y comparable con la de redes metropolitanas.

Figura 7

Arquitectura IMS



Nota. Ejemplo de arquitectura IMS de Huawei. Tomado de: (Marín, 2015)

Amplificadores Ópticos EDFA

En las redes ópticas modernas, especialmente aquellas que operan bajo arquitecturas FTTH, uno de los desafíos técnicos más relevantes es la atenuación de la señal a medida que esta recorre distancias significativas. Para superar esta limitación, se utilizan amplificadores ópticos, siendo el más común el EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifier), o amplificador dopado con erbio.

El EDFA es un tipo de amplificador óptico que permite aumentar la potencia de la señal de luz sin necesidad de convertirla a una señal eléctrica. Su funcionamiento se basa en una fibra óptica especial dopada con iones de erbio, que, al ser estimulada por una fuente láser de bombeo, transfiere energía a la señal entrante y la amplifica en la longitud de onda de **1550 nm**, que es precisamente donde la atenuación en la fibra es mínima (TELEVES, s.f.)

Este tipo de tecnología es especialmente útil en despliegues donde se requiere enviar señal de televisión digital a través de fibra óptica a largas distancias, como en el caso de la implementación documentada en esta monografía. En dicho proyecto, se utilizó un EDFA de 19 dBm con múltiples salidas, el cual permitió distribuir eficientemente la señal de televisión sobre la misma infraestructura GPON, sin interferir con los servicios de Internet y telefonía.

Entre sus ventajas destacan:

- Alta ganancia con bajo nivel de ruido
- Capacidad para amplificar múltiples canales simultáneamente (WDM)
- Operación pasiva en campo, lo cual reduce mantenimiento
- Integración directa con nodos ópticos o mininodos para entrega domiciliaria

En consecuencia, el uso de EDFA se convierte en un elemento clave para extender la cobertura de servicios audiovisuales sobre redes ópticas pasivas, especialmente en zonas rurales dispersas donde se necesita mantener calidad de señal con infraestructura eficiente (CRT, 2007).

Plataforma Mikrotik y RouterOS como Solución de Borde

En el diseño e implementación de redes de acceso basadas en tecnologías NGN, uno de los elementos clave es la selección del router de borde, el cual cumple funciones esenciales como el enrutamiento, la gestión del tráfico, el control de seguridad y la interconexión con otros sistemas o redes. En este proyecto, se optó por la plataforma Mikrotik, utilizando como sistema operativo RouterOS, debido a su balance entre capacidades avanzadas, bajo costo y facilidad de integración.

Mikrotik es una empresa letona fundada en 1996, ampliamente reconocida en el sector ISP por ofrecer soluciones de red profesionales a un costo significativamente inferior al de marcas tradicionales como Cisco o Juniper. Sus equipos permiten implementar protocolos de

ruteo dinámico (OSPF, BGP, MPLS), gestión avanzada de tráfico (QoS, VLAN, PBR), control de acceso (firewall, NAT, VPN), y herramientas de monitoreo en tiempo real, todo desde un entorno unificado (Micro Tik, 2023).

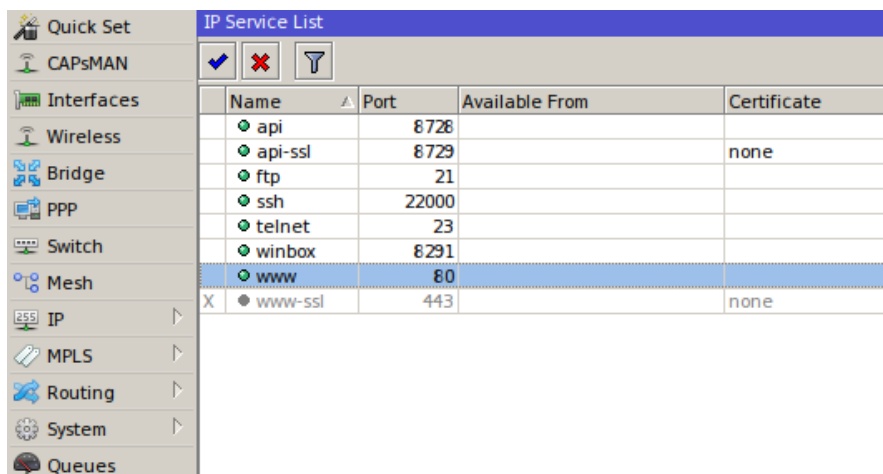
El sistema operativo RouterOS, basado en Linux, es el núcleo de estos dispositivos. Ofrece una interfaz gráfica (Winbox), consola CLI, acceso vía SSH, y soporte para scripting automatizado, lo que facilita su administración incluso en entornos con personal técnico de nivel intermedio. Además, su bajo consumo de recursos y alto rendimiento lo convierten en una opción ideal para zonas rurales o entornos con presupuesto limitado.

En la experiencia documentada, se utilizó un equipo CCR1072-1G-8S+, ubicado en el borde de la red para gestionar la conectividad internacional en IPv4 e IPv6, aplicar políticas de seguridad, marcar rutas, y garantizar la estabilidad de los servicios. Su desempeño, incluso bajo cargas elevadas, y su compatibilidad con otras plataformas (como Wispro Cloud) justifican su elección en proyectos de esta naturaleza.

Asimismo, el ecosistema Mikrotik permite escalar la solución con modelos más económicos (RB4011, hEX, etc.) según el tamaño del operador, lo cual le otorga flexibilidad y adaptabilidad al crecimiento progresivo de la red.

Figura 8

Software Routers Mikrotik



IP Service List				
Name	Port	Available From	Certificate	
api	8728			
api-ssl	8729		none	
ftp	21			
ssh	22000			
telnet	23			
winbox	8291			
www	80			
X www-ssl	443		none	

Nota. Se observa la administración de routers desde la aplicación winbox de mikrotik

Tomado de: Autoría propia

OLT Huawei MA5608T: Características y Ventajas Técnicas

En el despliegue de redes FTTH basadas en GPON, el equipo central responsable de la distribución del servicio es la OLT (Optical Line Terminal). Esta unidad se ubica en el nodo principal del proveedor y se encarga de gestionar la transmisión de datos hacia las ONT (Optical Network Terminal) instaladas en los hogares, utilizando una topología punto a multipunto mediante divisores ópticos pasivos.

En el presente proyecto se seleccionó la Huawei MA5608T, una de las OLT más utilizadas en América Latina por operadores regionales y medianos, debido a su diseño compacto, su relación costo-beneficio y su alta compatibilidad con estándares internacionales.

La Huawei MA5608T es una OLT modular de baja densidad, diseñada especialmente para entornos donde se requiere escalar de manera progresiva. Cuenta con capacidad para hasta dos tarjetas GPON, cada una con 16 puertos, 32 en total, permitiendo conectar hasta 4096

usuarios por equipo si se emplean divisores ópticos 128 por cada puerto que es lo máximo soportado en GPON. Además, posee soporte para tarjetas de control dual, fuentes de poder redundantes y compatibilidad con interfaces eléctricas o de fibra para conectividad de red agregada (Huawei, 2024).

Entre sus principales ventajas técnicas se destacan:

- Alto rendimiento y estabilidad: conmutación no bloqueante, latencia baja y alta tasa de transferencia por puerto
- Soporte para múltiples servicios: voz, datos, IPTV y multicast
- Compatibilidad con estándares ITU-T G.984.x
- Facilidad de administración: permite ser gestionada vía CLI, SNMP o mediante plataformas TR-069
- Diseño compacto: ideal para gabinetes rurales o racks en centrales municipales

Asimismo, su integración con plataformas de gestión como **Wispro Cloud** permite su aprovisionamiento remoto, monitoreo del estado de los puertos, diagnóstico automático de fallas y activación de perfiles de usuario de forma centralizada.

En entornos rurales como los abordados en esta monografía, la MA5608T permite implementar soluciones escalables, confiables y con costos operativos reducidos, lo que la convierte en una opción ideal para operadores que buscan ofrecer servicios competitivos en áreas con limitaciones presupuestales.

Brecha Digital Rural en Colombia

La brecha digital se refiere a la desigualdad en el acceso, uso y apropiación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) entre distintos sectores de la población. En Colombia, esta brecha es particularmente marcada entre las zonas urbanas y las

zonas rurales, donde las condiciones de infraestructura, inversión y cobertura son limitadas o inexistentes.

Según el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC (2023), mientras más del 75 % de los hogares urbanos en Colombia cuentan con conexión a Internet fijo, en zonas rurales esta cifra desciende a cerca del 28 %, reflejando una desigualdad estructural que limita el desarrollo educativo, económico y social de millones de personas. Esta disparidad se traduce en barreras para acceder a la educación virtual, la telemedicina, el comercio digital y la participación ciudadana (MinTIC, 2025).

Por su parte, informes de organismos internacionales como la CEPAL y el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) destacan que Colombia se ubica por debajo del promedio regional en cuanto a conectividad significativa en zonas rurales. Según el reporte conjunto publicado en 2022, apenas el 18,3 % de la población rural en Colombia accede a una conectividad significativa, es decir, que cumpla con criterios mínimos de velocidad, latencia, disponibilidad y uso efectivo (CEPAL & CAF, 2022).

Esta situación se convierte en un obstáculo para la equidad territorial, el cierre de brechas sociales y la garantía de derechos digitales. Por tal razón, la implementación de redes NGN en entornos rurales no solo responde a criterios técnicos, sino que se configura como una herramienta para promover justicia social, inclusión digital y desarrollo sostenible (Suárez, 2025).

El proyecto documentado en esta monografía surge precisamente como una respuesta práctica y viable frente a esta problemática. Al implementar una red FTTH/GPON con cobertura en los corregimientos de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas, se buscó no solo ofrecer conectividad, sino garantizar que las comunidades beneficiadas pudieran acceder a servicios de calidad en igualdad de condiciones con respecto a entornos urbanos.

Metodología

La presente monografía corresponde a un proyecto aplicado de carácter técnico, orientado a la sistematización de una experiencia real de implementación de redes de Nueva Generación (NGN) en zonas rurales del municipio de Ginebra, Valle del Cauca. El propósito metodológico es documentar, de manera estructurada, cada una de las fases desarrolladas por la empresa Colombiatel Telecomunicaciones, con el fin de aportar conocimiento práctico y replicable a operadores o actores técnicos que enfrenten retos similares en contextos de conectividad rural.

Tipo de Proyecto

Se trata de un proyecto técnico aplicado, en el cual se organiza, describe y analiza un proceso de implementación ya ejecutado, a partir de evidencia técnica, registros documentales, configuración general de equipos, fotografías del despliegue y testimonios de usuarios. La lógica metodológica se basa en el modelo de sistematización de experiencias, que busca recuperar, ordenar y explicar procesos técnicos para su aprovechamiento académico o profesional posterior.

Enfoque Metodológico

El enfoque del trabajo es cualitativo-descriptivo, ya que no busca validar hipótesis, sino documentar y analizar una solución tecnológica real frente a una problemática concreta: la falta de conectividad significativa en zonas rurales del país. Así mismo, se incorporan elementos cuantitativos de soporte (como número de usuarios conectados, velocidades entregadas, distancias cubiertas y topologías de red).

Técnicas y Fuentes de Información

Para desarrollar el contenido de esta monografía se utilizaron las siguientes técnicas:

- Revisión documental técnica: recopilación de fichas técnicas, manuales, planos, capturas de pantalla y configuraciones reales de equipos como Mikrotik CCR1072, OLT Huawei MA5608T, EDFA, entre otros.

- Sistematización cronológica del proceso: organización de las fases del proyecto (diagnóstico, diseño, instalación, activación, pruebas y monitoreo).

- Evidencia visual y técnica: registro fotográfico y captura de pantallas del software de gestión (Wispro), pruebas de velocidad, diagrama de red, y reportes de consumo.

- Entrevistas estructuradas a usuarios: recolección de percepciones sobre el impacto del servicio, desde la voz directa de beneficiarios de los corregimientos intervenidos.

Herramientas Utilizadas

El proyecto se apoyó en herramientas tecnológicas y operativas como:

- RouterOS (Mikrotik): gestión de tráfico, políticas de enrutamiento, seguridad y marcado de rutas.

- OLT Huawei MA5608T: provisión GPON con capacidad total de hasta 4096 usuarios.

- Wispro Cloud: gestión de clientes, facturación, monitoreo en tiempo real, provisión automática con TR-069 y asistencia mediante IA para técnicos de primer nivel.

- Speedtest y herramientas de prueba: validación de velocidad real, estabilidad de red y latencia en campo.

Contexto y Alcance

El proyecto fue desarrollado en los corregimientos de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas, zonas rurales del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, históricamente afectadas

por baja conectividad. A través de esta intervención, se conectaron más de 150 hogares y entidades educativas mediante una red FTTH/GPON, garantizando servicios de Internet simétrico de hasta 600 Mbps, telefonía IP y televisión digital óptica.

Resultados y Discusión

Diagnóstico Inicial de Conectividad en los Corregimientos

Previo a la implementación del proyecto, los corregimientos de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas contaban con una infraestructura de conectividad limitada y obsoleta. En algunos sectores se identificaron redes inalámbricas comunitarias y enlaces compartidos que ofrecían planes de hasta 2 Mbps como máximo, con una disponibilidad intermitente y una latencia excesivamente alta.

De acuerdo con entrevistas realizadas en la fase de diagnóstico, los usuarios expresaron que el servicio se interrumpía frecuentemente durante lluvias o tormentas eléctricas, y era prácticamente inútil para acceder a plataformas educativas, videollamadas laborales o servicios de entretenimiento como juegos en línea o streaming en alta calidad. Algunos habitantes manifestaron que durante la pandemia perdieron oportunidades académicas o laborales debido a la inestabilidad del servicio.

Figura 9

Antecedentes, Conectividad Rural Inalámbrica



Nota. Hace referencia a la Infraestructura identificada durante el diagnóstico inicial, caracterizada por baja capacidad, interferencias climáticas y alta latencia. Tomado de: *Autoría propia*

Tabla 2*Encuesta Inicial sobre Percepción de Conectividad (Simulada)*

Pregunta	Porcentaje de Hogares (%)
¿Tiene actualmente servicio de Internet en su vivienda?	32 %
¿Está satisfecho con la velocidad y estabilidad del servicio?	18 %
¿Ha perdido clases o actividades laborales por fallas de Internet?	67 %
¿Considera que necesita un plan de Internet más rápido y estable?	98 %
¿Estaría dispuesto a firmar una preventiva si se instala fibra óptica?	80 %

Tomado de: *Estudio de mercado, corregimientos de Ginebra (2022)*

Estudio de Mercado y Validación de Demanda

Luego del análisis inicial de las condiciones de conectividad en los corregimientos, se desarrolló un estudio de mercado con el objetivo de medir el interés real de los habitantes por acceder a un servicio de Internet de alta velocidad, estable y confiable.

Este estudio fue elaborado a partir de encuestas domiciliarias y observación directa durante las visitas técnicas iniciales. Como resultado, se identificó que cerca del 80 % de los hogares manifestaron interés activo en contratar el servicio si se ofrecía mediante fibra óptica. La mayoría de los encuestados expresó disposición para firmar contratos de preventiva, incluso antes de la implementación del servicio.

Con base en estos resultados, la empresa diseñó una campaña comercial de lanzamiento, que incluyó actividades como:

- Encuestas puerta a puerta
- Envío de encuestas por redes sociales dirigidas a la zona
- Registro de solicitudes anticipadas en formatos de preventiva

Estas acciones no solo permitieron validar la viabilidad económica del proyecto, sino que generaron confianza en la comunidad y facilitaron la posterior instalación masiva.

Tabla 3

Resultados del Estudio de Mercado

Ítem evaluado	Porcentaje de Hogares (%)
Conoce qué es la fibra óptica	35 %
Desea contratar un plan con fibra óptica si está disponible	80 %
Estaría dispuesto a firmar un contrato de preventa	72 %
Plan ideal para el hogar: mínimo 200 Mbps simétrico	61 %
Tiene dificultades frecuentes con su proveedor actual	98 %

Tomado de: *Estudio de mercado Archivo Colombiatel, Ginebra rural (2022)*

Estrategia Comercial y Promoción del Proyecto

Con el objetivo de garantizar una apropiación efectiva del proyecto por parte de la comunidad y asegurar la firma anticipada de contratos, se desarrolló una estrategia de promoción territorial intensiva. Esta incluyó diversas acciones de acercamiento social, visibilización de marca y generación de confianza entre los potenciales usuarios.

Entre las principales acciones realizadas se destacan:

- Campañas puerta a puerta, donde se explicaba directamente a los habitantes el funcionamiento del servicio y sus beneficios.
- Perifoneo comunitario, mediante altavoces móviles que recorrían las zonas anunciando la llegada de la red de fibra óptica.

- Volantes impresos y diseño gráfico, con planes, precios, ventajas del servicio y datos de contacto.
- Presencia en mercados y escuelas rurales, con actividades de información y entrega de souvenirs promocionales.

Una de las estrategias más llamativas fue la implementación de una "oficina móvil", que consistía en una carpa inflable personalizada, acompañada de un personaje inflable tipo superhéroe, diseñado como símbolo del proyecto de conectividad. Esta estructura itinerante se instaló en puntos estratégicos de cada corregimiento y funcionó como punto físico de atención, donde se realizaban:

- Firmas de contratos de preventa
- Registro de usuarios interesados
- Entrega de materiales promocionales
- Explicaciones técnicas simplificadas sobre cómo funcionaría el servicio

Esta estrategia permitió posicionar visualmente el proyecto, crear cercanía con la comunidad, resolver dudas en tiempo real y registrar de forma ordenada a los hogares que serían conectados en las etapas posteriores.

Figura 10

Oficina Móvil



Nota. Nuestra oficina móvil acompañada de Nuestro súper héroe, con la cual trasladamos parte de nuestro equipo administrativo, ventas y soporte para llevar nuestra empresa hasta el cliente!

Tomado de: *Autoría propia*

Figura 11

Volantes Publicitarios



Nota. Volantes que se reparten puerta a puerta y en nuestros puntos de venta

Tomado de: (Colombiatel, 2026)

Equipamiento Central y Diseño de Red Principal

La infraestructura central del proyecto fue diseñada para garantizar estabilidad, escalabilidad y gestión eficiente de los servicios entregados a los corregimientos rurales. Para ello, se habilitó un cuarto técnico de equipos, donde se consolidaron todos los elementos críticos de la red: router de borde, OLT, sistema de distribución óptica (EDFA), UPS de respaldo y sistema de monitoreo.

Equipamiento Instalado

- Router de borde (CCR1072-1G-8S+) de Mikrotik, encargado del enrutamiento principal, seguridad perimetral y gestión de BGP.
- OLT Huawei MA5608T, configurada con dos tarjetas GPON de 16 puertos cada una, lo cual permite hasta 32 salidas ópticas y la capacidad de atender hasta 4096 usuarios con divisores 1:128.
- EDFA óptico de 19 dBm, utilizado para amplificar la señal de televisión digital a través de fibra y distribuirla a múltiples nodos.
- Sistema de respaldo eléctrico y distribución interna: UPS, regletas y switches de gestión.

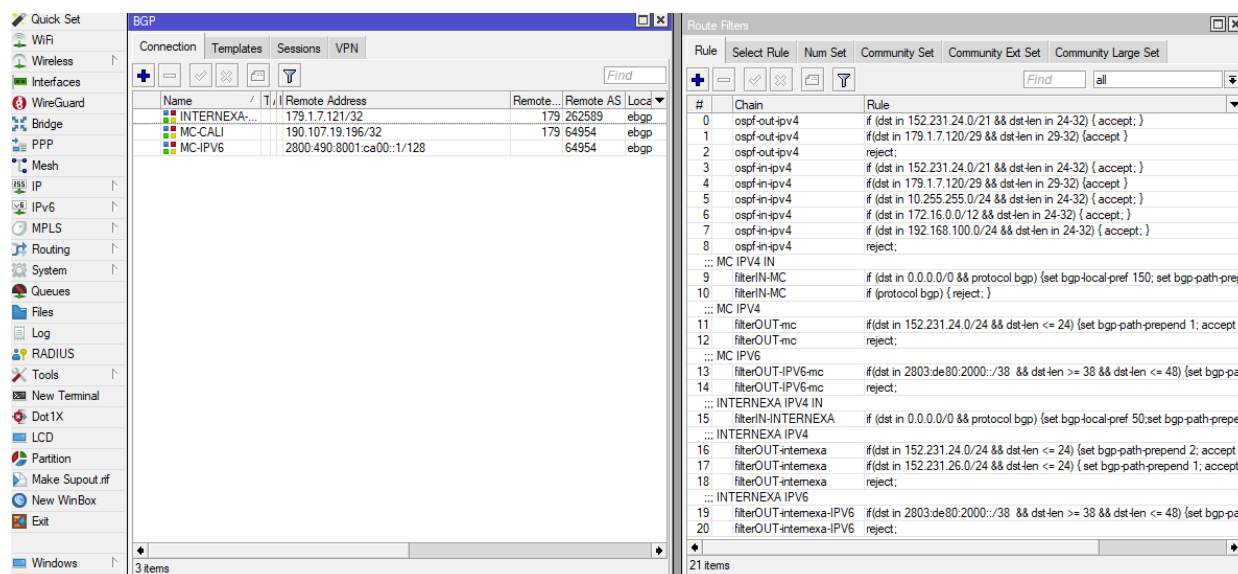
El diseño del cuarto técnico incluyó organizadores de cableado, sistemas de **ventilación** y acceso restringido, asegurando condiciones óptimas para la operación continua de los equipos.

Diseño WAN y Conectividad Exterior

La red fue conectada a un proveedor de tránsito IP a través de un enlace de 10 Gbps, establecido mediante fibra óptica directa. Colombiatel Telecomunicaciones gestiona su propio Sistema Autónomo (ASN XXXX) y direccionamiento IP público tanto en IPv4 como IPv6, lo cual permite enrutar el tráfico de forma independiente y mantener control total sobre la red.

Figura 12

Wan - Ospf - Bgp – Filtros



Nota. Da una referencia de las configuraciones de salida a internet con respaldo de 2 proveedores, ospf, bgp y filtrados de red. Tomado de: *Autoría propia*

El router de borde, configurado con protocolos BGP, establece sesiones con los proveedores y redistribuye las rutas internas a través de los segmentos definidos para cada corregimiento. A nivel de seguridad, se implementaron políticas básicas de protección como:

- Filtrado de puertos vulnerables (SMTP, Telnet, NetBIOS)
- Rechazo de conexiones inválidas
- Protección ante ataques comunes como floods o escaneos
- Monitoreo de reputación IP para prevenir listados de spam

Figura 13

Configuración Firewall Básico

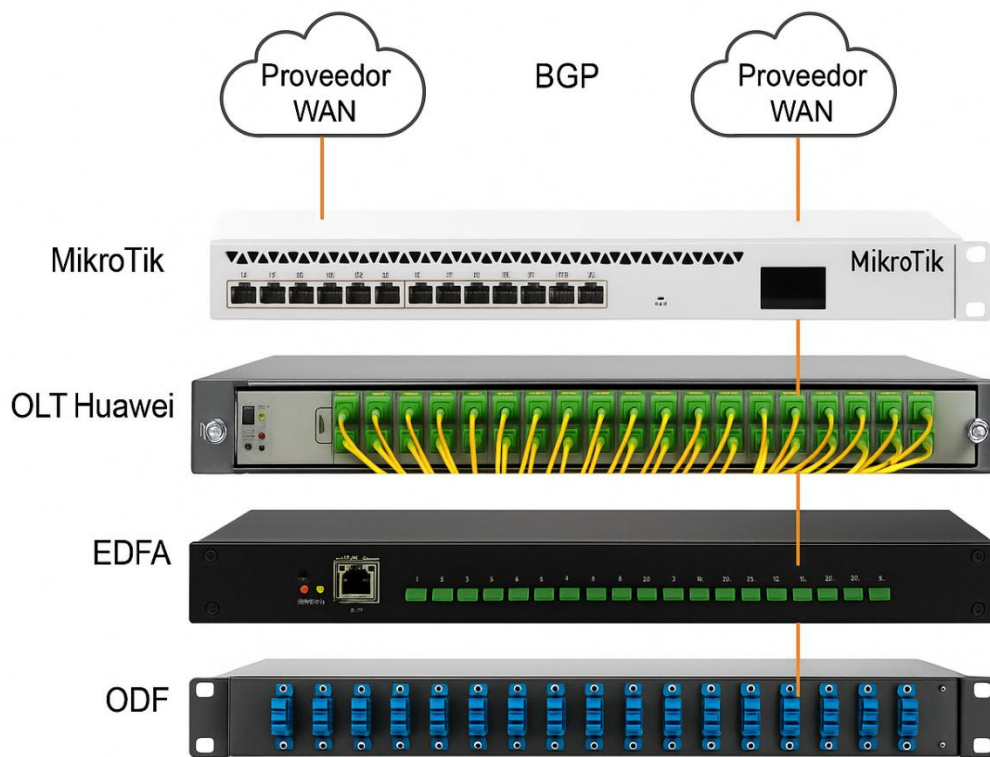
The screenshot shows the Mikrotik WinBox Firewall configuration interface. The left sidebar contains various system settings like WiFi, Interfaces, WireGuard, Bridge, PPP, Mesh, IP, IPv6, MPLS, Routing, System, Queues, Files, Log, RADIUS, Tools, New Terminal, Dot1X, LCD, Partition, Make Supout.rif, New WinBox, and Exit. The main window displays the Firewall configuration with tabs for Filter Rules, NAT, Mangle, Raw, Service Ports, Connections, Address Lists, and Layer7 Protocols. The Filter Rules tab is active, showing a list of rules with columns for #, Action, Chain, Proto..., Src. Port, Dst. Port, In. Inter..., Out. Int..., and In. Interface List.

#	Action	Chain	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	In. Interface List
0	acc...	forward						
1	drop	input						
2	drop	input	17 (u...		53,65535			WAN
3	drop	input	6 (tcp)		53,65535			WAN
4	acc...	input						
5	add...	forward	6 (tcp)		587,465			
6	add...	forward	6 (tcp)		587,465			
7	add...	forward	6 (tcp)		587,465			
8	acc...	forward						
9	acc...	forward						
10	acc...	input	17 (u...		13231			
11	acc...	forward						
12	acc...	forward						
13	drop	forward	6 (tcp)		1080,1081,1082			
14	drop	forward						
15	drop	forward						

Nota. Da una muestra de una configuración básica de protección en mikrotik. *Tomado de:*

Autoría propia

Estas medidas aseguran no solo la disponibilidad del servicio, sino también la reputación técnica de las IP públicas asignadas a la empresa, evitando que sus usuarios se vean afectados por bloqueos en servicios de correo o plataformas externas.

Figura 14*Diseño de Red Internet a GPON***Esquema visual del core de red FTTH**

Nota. Se observa un diseño general de 2 proveedores de internet a nuestro borde CORE saliendo a la OLT y de ahí al ODF para salida a postes. *Tomado de:* Imágenes google.

Seguridad de Red y Buenas Prácticas de Configuración

El router de borde constituye uno de los componentes más críticos de la infraestructura de una red ISP. Por esta razón, su configuración debe contemplar no solo la funcionalidad del enrutamiento, sino también la seguridad perimetral básica, que proteja la red interna, mantenga la integridad del servicio y evite la afectación de la reputación IP.

En este proyecto, se utilizó un Mikrotik CCR1072, el cual, además de gestionar el tráfico con políticas BGP, fue configurado con un conjunto de reglas de firewall orientadas a prevenir

ataques comunes y bloquear accesos no autorizados. Estas prácticas representan el estándar mínimo recomendado para cualquier operador que gestione bloques de direccionamiento público.

Buenas Prácticas de Protección en Networking

- Bloqueo de puertos vulnerables: Se cerraron servicios frecuentemente explotados como Telnet, NetBIOS (puertos 135–139 y 445), SNMP público, DNS externo (puertos 53) y acceso a interfaces de administración desde IP no autorizadas.
- Protección contra envío de SPAM: Se limitaron o bloquearon conexiones salientes SMTP en el puerto 25 desde clientes residenciales. El envío masivo de correos no solicitados desde usuarios comprometidos puede provocar la inclusión de la IP pública en listas negras (RBL), afectando la entrega legítima de correos electrónicos por parte de otros usuarios.
- Filtrado de conexiones inválidas: Se configuró el firewall para descartar conexiones sin seguimiento válido, conexiones con banderas TCP incorrectas y tráfico fuera de estado.
- Reglas contra escaneos y floods: Se aplicaron límites de conexión por IP, protecciones contra SYN flood, y monitoreo de picos de tráfico sospechoso.
- Listas blancas para administración: Solo se permitió el acceso remoto a Mikrotik (Winbox, SSH, API) desde IPs previamente definidas, evitando así intentos de fuerza bruta por parte de agentes externos.

Explicación al lector: El spam se refiere al envío automatizado y masivo de correos electrónicos no solicitados. Cuando esto ocurre desde una IP pública asociada a un proveedor de Internet, esa IP puede ser incluida en listas negras internacionales (RBL). Esto impide que correos legítimos salientes lleguen a su destino, afectando a todos los usuarios que comparten la misma IP de salida. Por esta razón, los operadores deben filtrar los puertos de envío de correo

(como el puerto 25) y aplicar control de uso sobre los servicios que los clientes residenciales pueden acceder directamente.

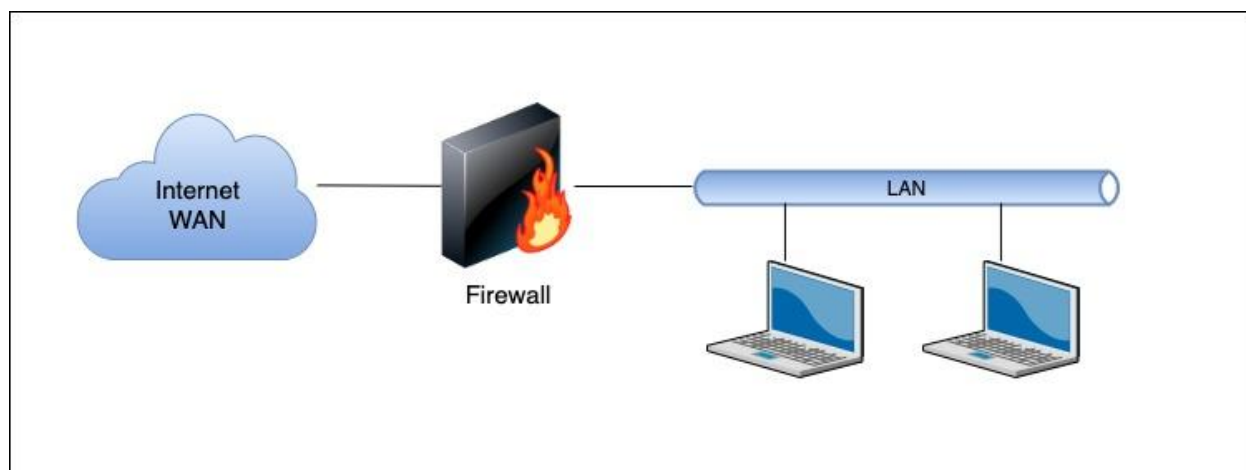
¿Qué es un Firewall y Por Qué se Usa en Redes ISP?

Un firewall es un sistema que inspecciona el tráfico de red y permite o bloquea conexiones según un conjunto de reglas definidas. En redes ISP, su función principal es proteger la infraestructura frente a accesos no autorizados, ataques automatizados y actividades maliciosas que puedan comprometer la estabilidad del servicio o la reputación de las direcciones IP públicas asignadas (Micro Tik, 2023).

En este proyecto, se utilizó el firewall integrado de RouterOS de Mikrotik, el cual opera como un stateful firewall. Esto significa que tiene la capacidad de rastrear el estado de las conexiones activas, identificar patrones sospechosos y aplicar decisiones basadas en el comportamiento del tráfico. Entre las funcionalidades empleadas se incluyen:

- Filtrado de puertos vulnerables, como SMTP (25), Telnet y NetBIOS
- Rechazo de conexiones inválidas o fuera de estado
- Bloqueo de intentos de escaneo y ataques tipo flood
- Aplicación de listas blancas para acceso administrativo seguro
- Seguimiento de tráfico por IP o interfaz, útil para monitoreo y diagnóstico

Estas acciones son fundamentales para garantizar que la red se mantenga segura, que los recursos no sean abusados por agentes externos y que los usuarios puedan disfrutar de un servicio confiable y libre de sanciones derivadas de uso indebido del direccionamiento IP público.

Figura 15*Firewall*

Nota. Muestra la ubicación de un firewall en una red. Tomado de: *Imágenes google.com*

Gestión y Automatización con Wispro Cloud

En el proyecto implementado, se utilizó la plataforma Wispro Cloud como sistema unificado de gestión para ISP. Esta herramienta permitió centralizar tareas clave como la creación de planes de servicio, asignación de perfiles de velocidad, monitoreo del uso por cliente, facturación, soporte técnico y aprovisionamiento remoto de dispositivos.

A través de Wispro, se integraron de forma automatizada todos los elementos críticos de la operación, desde el router de borde Mikrotik hasta las ONT instaladas en los hogares.

Figura 16

Wispro Cloud

The screenshot displays the Wispro Cloud web application interface. At the top, there is a search bar containing the text "costa rica". Below the search bar, there are several tabs or filters, including "10.18.", "10.17.", "Ferreiros Emperatriz De Jesus Ruza Zambrano", and "costa rica". The main content area shows a table of customer records. The table has columns for "#", "Nombre y Apellido", "Contacto", and "Facturación". The records listed are:

#	Nombre y Apellido	Contacto	Facturación
991	Maria Is... CL 13: 12/11,	312... +57... mar...	18... Común (P. Física) de Venta
992	Maria Ja... CL 6 6: 12/11,	322... +57... qian	12... Común (P. Física) de Venta
1056	Fabiola F... CL 13: 12/11,	312... +57... fabi...	1305... Común (P. Física) de Venta
1108	Yizela Se... CL 14: 12/11,	313... +57... gme... Cos	7905... Común (P. Física) de Venta
1155	Jose Joe... Calle 1: 12/11,	311... +57... jose	17... Común (P. Física) de Venta
1198	Liliana M... CR 4 1: 12/11,	312... +57... 723	1546... Común (P. Física) de Venta

The interface also includes a sidebar on the left with navigation options: Wispro, Suscripción Cloud, Panel de control, Mapa, Clientes (highlighted), Contratos, Planes, Servidores, Fibra Óptica, Facturación, Mesa de ayuda, Órdenes, Inventario, Nodos, Notificaciones, and Configuración avanzada. At the bottom of the table, there is a pagination control showing "Mostrando Clientes" and "Paginar de a 20 50 100 500".

Nota. Plataforma de gestión de red y clientes centralizada para ISP. Tomado de: *Autoría propia*

Funciones Gestionadas desde la Plataforma

- Gestión de clientes: Registro de usuarios, asignación de IPs estáticas, historial de conexiones, consumo mensual y contacto técnico automatizado.
- Creación de planes de velocidad: Se definieron perfiles de 100, 200, 400 y 600 Mbps simétricos, cada uno con sus límites de ancho de banda y políticas de control.

Estos perfiles fueron creados con colas simples (simple queues) que se aplican automáticamente a cada IP asignada.

Figura 17

Planes de Internet

The screenshot shows the 'Crear nuevo Plan' (Create new Plan) interface in the Wispro system. The form is for a 'Básico' (Basic) plan. The fields are as follows:

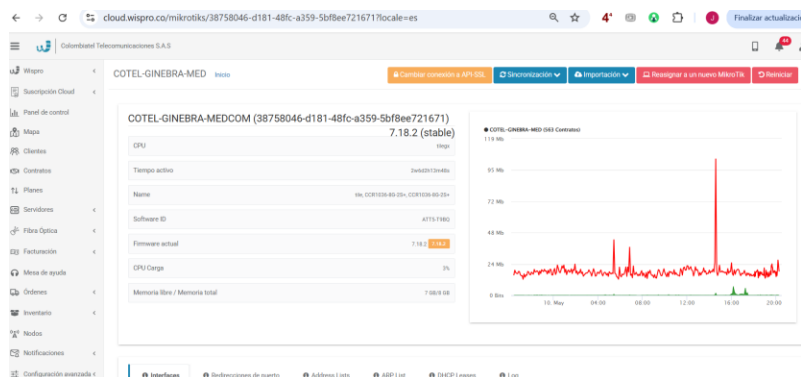
- *Nombre:** (Empty text field)
- *Máx. Subida:** 0
- *Unidad de subida:** kbps
- *Máx. Bajada:** 0
- *Unidad de bajada:** kbps
- *Porcentaje de degradado:** (Empty dropdown menu)
- Público:** Visible para los clientes desde la aplicación móvil
- Facturación:** (Empty text field)
- *Precio:** (Empty text field)
- IMPORTANTE:** El valor es precio final, por lo que incluye cualquier tipo de impuesto en el monto.
- *Frecuencia:** Mensual
- *Precio de instalación:** (Empty text field)

Tomado de: *Autoría propia*

- Integración con Mikrotik: Wispro se conectó al router de borde y agregó dinámicamente las reglas de tráfico necesarias para cada cliente, según su perfil contratado. Esta asignación se hace en tiempo real al momento de autorizar el usuario en la plataforma.

Figura 18

Gestión de Router Borde – Core



Tomado de: *Autoría propia*

- Gestión de la OLT Huawei MA5608T: Wispro permite registrar la ONT instalada en cada cliente y autorizarla en el sistema mediante su número de serie. Al aprobarse, se activa la navegación automáticamente.

Figura 19

Gestación de OLT

Tomado de: *Autoría propia*

- Aprovisionamiento TR-069: Esta funcionalidad permite enviar parámetros preconfigurados a las ONT directamente desde la nube, incluyendo SSID WiFi, contraseña, nombre de red, acceso remoto y otros datos del equipo del cliente. Esto evita que el técnico tenga que configurar manualmente el dispositivo, reduciendo tiempos de instalación y errores.
- Soporte técnico automatizado: A través de su módulo de inteligencia artificial, Wispro entrega recomendaciones automáticas al personal de soporte de nivel 1 para resolver fallas comunes sin escalar al área técnica.

Figura 20*App para Técnicos Instaladores*Tomado de: *(Colombiatel, 2026)*

Despliegue de la Red Óptica de Acceso (Troncal y Ramales)

Una vez definido el diseño lógico y estructural de la red, se procedió con la fase de implementación física del tendido de fibra óptica, etapa fundamental para materializar el acceso a los servicios en los corregimientos de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas.

Diseño de Red y Estrategia de Cobertura

La red fue diseñada bajo un esquema de topología distribuida punto a multipunto, basada en cajas NAP de 16 puertos ópticos por manzana. Este criterio se estableció para lograr una penetración estimada del 75 % de hogares pasados, permitiendo alcanzar una cobertura eficiente, con capacidad de expansión futura.

Cada caja NAP fue ubicada estratégicamente en función de la densidad habitacional, accesibilidad y proximidad de la infraestructura eléctrica existente. La planificación incluyó un recorrido técnico en campo para definir rutas óptimas y minimizar interferencias físicas.

Gestión de Permisos y Uso de Infraestructura

Para el uso de la infraestructura aérea existente, se gestionaron los respectivos permisos de ocupación de red de postes con el operador local de energía. Esto permitió aprovechar las rutas ya establecidas, reduciendo costos de canalización, tiempo de despliegue y afectación al entorno urbano y rural.

Una vez aprobados los permisos, se procedió con el tendido del cable de fibra óptica drop y ADSS, con fijación segura mediante herrajes certificados y cumpliendo con las distancias reglamentarias respecto al nivel de tensión.

Instalación de Cajas de Distribución y Empalmes

Durante el despliegue se instalaron cajas NAP de 16 puertos, diseñadas para trabajar en ambientes exteriores con protección IP65, resistentes al polvo, lluvia y radiación solar. Cada caja fue identificada con su código de zona, puerto y ubicación georreferenciada.

Figura 21

Armado de Cajas Muflas y Cajas NAP



Nota. Instalación de muflas y cajas NAP. Tomado de: Autoría propia

Adicionalmente, se utilizaron muflas de empalme intermedio, donde se realizaron fusiones ópticas por arco eléctrico mediante fusionadoras calibradas, garantizando pérdidas mínimas y continuidad del servicio a lo largo del trayecto.

Figura 22

Coordinación y Planificación en Campo.



Nota. Revisión coordinada de elementos de protección y de despliegue de cuadrilla según el diseño. Tomado de: *Autoría propia*

Medición y Pruebas de Potencia

Finalizado el despliegue físico, se realizó una validación completa del tramo óptico mediante los siguientes instrumentos:

- Medidor de potencia óptica, para verificar niveles de señal en cada puerto NAP
- OTDR (Reflectómetro óptico), para medir pérdidas por empalme, eventos, conectores y distancia real de cada tramo.

- Certificación de trayectos, asegurando que la señal entregada estuviera dentro de los parámetros aceptables (-18 dBm a -28 dBm en promedio en cada ONT)

Estas pruebas garantizaron que todos los sectores estuvieran habilitados y listos para iniciar la conexión domiciliaria sin necesidad de ajustes mayores.

Instalación Domiciliaria y Entrega de Servicios

Con la red óptica de acceso ya desplegada, verificada y certificada en cada corregimiento, se dio inicio a la fase de conexión domiciliaria, en la cual se extendió la fibra desde las cajas NAP hacia los hogares previamente registrados en el proceso de preventa. Esta etapa permitió activar los servicios contratados, entregar el acceso a los usuarios y completar el ciclo técnico del proyecto.

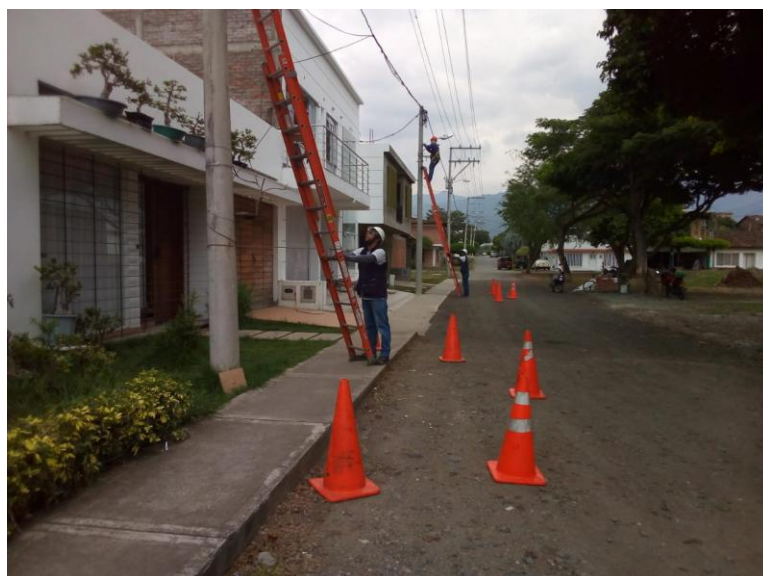
Proceso Técnico de Instalación por Vivienda

Cada cliente fue conectado mediante una **acometida óptica drop** de una o dos fibras desde la caja NAP más cercana. Las rutas fueron definidas previamente en el diseño, lo que facilitó un proceso rápido y ordenado. La instalación se realizó en los siguientes pasos:

1. Identificación del puerto correspondiente en la caja NAP
2. Tendido de acometida hasta el punto de instalación interna
3. Fijación, entrada domiciliaria y terminación con conector óptico SC/APC
4. Conexión de la ONT (Optical Network Terminal) compatible con GPON
5. Revisión de niveles ópticos de recepción (-18 a -28 dBm)
6. Confirmación en Wispro Cloud de la ONT autorizada y activa
7. Verificación de navegación y velocidad con perfil aplicado
8. Conexión del puerto RF (si aplica) para televisión digital óptica

Figura 23

Instalación FTTH



Nota. Se observa como el equipo técnico realiza el despliegue de la red al hogar. Tomado de:

Autoría propia

Automatización del Proceso de Activación

Gracias a la integración entre Wispro y la OLT Huawei, la ONT fue detectada automáticamente al ser conectada, y quedó registrada mediante su número de serie (SN). Una vez aprobada en el sistema, la configuración fue enviada **vía TR-069**, permitiendo:

- La activación del perfil de velocidad
- La asignación de la IP pública o privada correspondiente
- La configuración del nombre y contraseña de la red WiFi
- La habilitación de puertos y servicios contratados
- La disponibilidad inmediata de navegación

Este modelo permitió que los técnicos en campo no tuvieran que realizar configuraciones manuales, reduciendo tiempos de instalación, errores humanos y costos operativos.

Validación del Servicio y Pruebas Finales

Con cada instalación domiciliaria finalizada y activada, se procedió a la etapa de verificación técnica del servicio, que tuvo como objetivo confirmar que los parámetros ofrecidos en los planes contratados se cumplieran satisfactoriamente. Para ello, se realizaron pruebas de velocidad, navegación, estabilidad, latencia y funcionamiento del servicio de televisión (cuando fue contratado).

Pruebas de Velocidad

Cada usuario fue sometido a una validación del perfil de velocidad contratado mediante herramientas como Speedtest o Fast.com, utilizando conexiones cableadas (Ethernet) desde la ONT para garantizar precisión en los resultados. Se verificó que los planes simétricos ofrecieran las siguientes velocidades efectivas:

Tabla 4

Test de Velocidad

Plan Contratado	Velocidad de Bajada	Velocidad de Subida	Latencia Promedio
100 Mbps	≥ 95 Mbps	≥ 95 Mbps	3–6 ms
200 Mbps	≥ 190 Mbps	≥ 190 Mbps	3–5 ms
400 Mbps	≥ 380 Mbps	≥ 380 Mbps	2–4 ms
600 Mbps	≥ 570 Mbps	≥ 570 Mbps	2–4 ms

Nota. Resultado de Planes de Internet vs resultados de test en sitio. *Tomado de:* Autoría propia

Pruebas de Navegación y Streaming

Adicionalmente, se verificó el funcionamiento normal de servicios como:

- Acceso a plataformas educativas (Zoom, Google Classroom)

- Navegación fluida en redes sociales y motores de búsqueda
- Streaming en resolución HD y 4K (YouTube, Netflix)
- Juegos en línea sin pérdida de paquetes ni saltos de ping

Validación del Servicio de Televisión Digital Óptica

Para los usuarios que contrataron televisión, se confirmó la correcta decodificación de los canales digitales transmitidos por la red óptica, ya sea mediante ONT con puerto RF o mediante mininodo convertido a coaxial. Las pruebas incluyeron:

- Calidad de imagen en televisores con sintonizador digital
- Recepción estable sin pixelación ni interrupciones
- Compatibilidad con múltiples televisores en el hogar
- Validación con medidor de señal y escaneo completo de canales

Figura 24

Brindis



Nota. El equipo celebrando con un brindis SIN ALCOHOL por la culminación de meses de trabajo. ¡Proyecto Finalizado! Tomado de: *Autoría propia*

Impacto Social Percibido por los Usuarios

El trabajo no termina, más allá del despliegue técnico y de la validación funcional del servicio, uno de los objetivos fundamentales del proyecto fue **reducir la brecha digital rural** y

mejorar la calidad de vida de las comunidades intervenidas. Por esta razón, se recogieron testimonios directos de usuarios de los corregimientos de Costa Rica, La Floresta y Villavanegas, con el fin de identificar cómo el acceso a servicios NGN ha influido en su día a día.

Metodología de Recolección

Se aplicaron entrevistas estructuradas a usuarios de diferentes perfiles (estudiantes, comerciantes, docentes, amas de casa, trabajadores remotos), centradas en cuatro aspectos clave:

1. Acceso a educación virtual y formación en línea
2. Mejora de oportunidades laborales o ingreso económico
3. Acceso a servicios de entretenimiento, cultura y comunicación
4. Percepción general sobre la estabilidad y calidad del servicio

Tabla 5

Resumen de Respuestas más Relevantes

Usuario / perfil	Antes del servicio	Después de la instalación	Comentario
Estudiante de bachillerato	Se desconectaba en clases virtuales	Clases sin interrupciones por videollamada	“Ahora puedo estudiar con confianza”
Comerciante de víveres	No podía usar datáfono ni WhatsApp Web	Usa catálogo digital y pedidos por línea	“Me duplicaron las ventas”
Ama de casa	Niños no podían ver clases en la pandemia	Acceden a plataformas educativas y YouTube	“Ahora también estudian por el televisor”
Técnico en celulares	No podía descargar archivos grandes	Sube respaldos y realiza soporte remoto	“Mejoró mi trabajo y gané más clientes”

Nota. Contiene respuestas más relevantes a las encuestas. Tomado de: *Autoría propia*

Testimonios Destacados

“Cuando empezó la pandemia perdí el semestre por no poder conectarme. Desde que pusieron este Internet, ya no me he vuelto a quedar por fuera. Todo entra perfecto.”

“Yo vendía frutas solo en el puesto. Ahora me llegan pedidos por WhatsApp porque ven las fotos en Facebook. El Internet nos cambió la forma de trabajar.”

“Lo que más me gusta es que puedo ver series sin que se trabe. Y mis hijos aprenden en línea con YouTube Kids.”

Figura 25

Compañeros Celebrando



Nota.1 Luego de meses de esfuerzos también nuestros compañeros de distintos departamentos celebramos! Tomado de: *Autoría propia*

¡Agradecimiento a todo el Equipo Colombiatel Telecomunicaciones!

Conclusiones

El proyecto de implementación de una red de Nueva Generación (NGN) en zonas rurales del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, demostró ser técnica y económicamente viable, gracias al uso estratégico de tecnologías como FTTH/GPON, equipos asequibles y herramientas de gestión automatizada.

El diseño de red basado en cajas NAP por manzana y cobertura escalonada permitió alcanzar una penetración eficiente, ajustada a la demanda local, con infraestructura preparada para crecer conforme aumente el número de usuarios.

El uso del router Mikrotik CCR1072 y la OLT Huawei MA5608T permitió consolidar una red robusta, escalable y segura, con políticas de enrutamiento BGP, protección de firewall y monitoreo completo de servicios.

La plataforma Wispro Cloud se consolidó como un aliado estratégico, al permitir centralizar tareas de provisión, facturación, monitoreo y asistencia técnica, con automatización mediante TR-069 que redujo significativamente la carga operativa y los errores en la activación de usuarios.

Las pruebas de velocidad, navegación y televisión digital evidenciaron que los servicios entregados cumplen con los parámetros técnicos establecidos, garantizando conectividad simétrica de alta velocidad, estabilidad, baja latencia y calidad de señal audiovisual.

Desde el punto de vista social, el impacto fue altamente positivo, mejorando las condiciones de acceso a educación, trabajo remoto, comercio electrónico y entretenimiento. Los testimonios recopilados muestran transformaciones significativas en la vida de los usuarios.

El proyecto evidencia que es posible llevar conectividad de alta calidad a zonas históricamente marginadas, sin requerir grandes inversiones ni operadores multinacionales,

siempre que se combinen tecnologías adecuadas, estrategia comercial inteligente y gestión local comprometida.

Finalmente, se concluye que esta experiencia constituye un modelo replicable para otros territorios rurales del país, y que puede servir de referencia práctica para pequeños y medianos operadores interesados en cerrar la brecha digital con soluciones viables, sostenibles y de impacto real.

Referencias Bibliográficas

- CEPAL & CAF. (2022). *Conectividad significativa para el desarrollo de América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/48605-conectividad-significativa-desarrollo-america-latina-caribe>.
- CINTEL - Centro de Investigación en Telecomunicaciones. (2008). Redes NGN Medición de la calidad del servicio. *INTERACTIC*(1). Obtenido de https://cintel.co/wp-content/uploads/2013/05/02.qos_en_ngn_gngn_Redes-NGN-%E2%80%93Medici%C3%B3n-de-la-calidad-del-servicio.pdf?utm_source=chatgpt.com
- CRT. (2007). Estudio integral de redes de nueva generación y convergencia. Obtenido de https://www.crcom.gov.co/system/files/Biblioteca%20Virtual/Estudio%20Integral%20de%20Redes%20de%20Nueva%20Generaci%C3%B3n%20y%20Convergencia/43-ngn-estudiointegral_da.pdf?utm_source=chatgpt.com
- CUMIS Ginebra. (2014). V Campamento Universitario Multidisciplinario de Investigación y Servicio - CUMIS. Ginebra. Obtenido de <https://cumis2014ginebravalle.blogspot.com/2014/02/mapas-de-ginebra-valle-del-cauca.html>
- 3GPP. (2023). *TS 23.228 - IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2*. 3rd Generation Partnership Project. <https://www.3gpp.org/DynaReport/23228.htm>
- Gutiérrez, F., y Gómez, J. (2020). *GPON aplicado a soluciones FTTH*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/26084>
- Huawei. (2024). *MA5608T Product Information*. Huawei Technologies Co., Ltd.
<https://e.huawei.com/en/products/optical-access/olt/ma5608t>

Impacto TIC. (2023). *Internet en zonas rurales en Colombia*.

<https://impactotic.co/innovacion/internet-en-zonas-rurales-en-colombia/>

Internet Society. (2018). NGN e Internet. Obtenido de https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2018/03/factsheet_NGN_20090310_es.pdf?utm_source=chatgpt.com

Johnston, A. (2009). *SIP: Understanding the Session Initiation Protocol* (3rd ed.). Artech House.

Marín, Y. A. (2015). Un acercamiento a la arquitectura IMS, las amenazas y medidas de seguridad. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/321197007_UN_ACERCAMIENTO_A_LA_ARQUITECTURA_IMS_LAS_AMENAZAS_Y_MEDIDAS_DE_SEGURIDAD

Mikrotik. (2023). *Manual: Winbox*. MikroTik Documentation.

<https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Winbox>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC. (2023). *Índice de Brecha Digital – Resultados 2023*. <https://ontic.mintic.gov.co/857/w3-article-397003.html>

MinTIC. (2025). *Centros Digitales una puerta al mundo*. Obtenido de https://mintic.gov.co/micrositios/centros_digitales/768/w3-channel.html?utm_source=chatgpt.com

Suárez, L. (2025). *Internet rural en Colombia: precios, empresas y cobertura en el país*. Obtenido de https://impactotic.co/innovacion/transformacion-digital/internet-en-zonas-rurales-en-colombia/?utm_source=chatgpt.com

Tafur, I., Guerrero, N., & Caballero, A. (2009). Convergencia de sistemas de comunicación ópticos e inalámbricos. *Optica pura y aplicada*, 42, 83-90. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/233818083_Convergencia_de_sistemas_de_comunicacion_opticos_e_inalambricos

Televes. (2023). *Solución de nodos ópticos para distribución de TV*.

https://www.televes.com/es/distribucion-tv/fibra-optica/solucion-nodos-opticos.html?utm_source=chatgpt.com <https://www.televes.com/es/distribucion-tv/fibra-optica/solucion-nodos-opticos.html>

Travel Valle del Cauca. (s.f.). Municipio de Ginebra. Obtenido de

<https://travel.valledelcauca.gov.co/municipio/ginebra>

UIT-T. (2004). *Recomendación Y.2001: Definición de Red de Nueva Generación*. Unión

Internacional de Telecomunicaciones. <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2001-200412-I>