

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

Tema:

VIABILIDAD PARA LA EXPANSIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET POR FIBRA ÓPTICA EN LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO PARA INPRONET INGENIERÍA CÍA. LTDA.

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniera en Telecomunicaciones

ÁREA: Comunicaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Electrónica, telecomunicaciones y sistemas de control

AUTOR: Melanie Anahí Calucho Rivera

TUTOR: Ing. Julio Enrique Cuji Rodríguez, Mg.

Ambato - Ecuador

julio – 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: VIABILIDAD PARA LA EXPANSIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET POR FIBRA ÓPTICA EN LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO PARA INPRONET INGENIERÍA CÍA. LTDA., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por la señorita Melanie Anahí Calucho Rivera, estudiante de la Carrera de Telecomunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que la estudiante ha sido tutorada durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, julio 2025.



Ing. Julio Enrique Cuji Rodríguez, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: VIABILIDAD PARA LA EXPANSIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET POR FIBRA ÓPTICA EN LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO PARA INPRONET INGENIERÍA CÍA. LTDA. es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2025.



Melanie Anahí Calucho Rivera

C.C. 1850467695

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, julio 2025.



Melanie Anahí Calucho Rivera

C.C. 1850467695

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por la señorita Melanie Anahí Calucho Rivera, estudiante de la Carrera de Telecomunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado VIABILIDAD PARA LA EXPANSIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET POR FIBRA ÓPTICA EN LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO PARA INPRONET INGENIERÍA CÍA. LTDA., nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con el señor Presidente del Tribunal.

Ambato, julio 2025.



Ing. Franklin Oswaldo Mayorga Mayorga Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Geovanni Brito Moncayo Mg.

PROFESOR CALIFICADOR



Ing. Danilo Miniguano Miniguano

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios y la vida por permitirme recorrer este camino con juicio y sabiduría. A mi mamita y papito que han sido fuente de conocimiento, pilar de mis valores y soporte en este caminar, sin su esfuerzo este sueño no sería posible.

A mí por la resiliencia, perseverancia y las ganas de alcanzar mis sueños.

A mis, abuelitos, tíos y primos que me alentaron, apoyaron y sobre todo creyeron en mis habilidades.

¡Lo logré! Este logro es nuestro, los amo con todo mi corazón.

Melanie.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, que me permitió adentrarme en este camino lleno de aprendizaje, sin su guía no habría alcanzado cada uno de mis logros. Como no agradecer a mi pilar emocional, mi madre, quien estuvo alumbrándome con su luz y amor en mis días grises. Agradezco también a mi padre cuyo esfuerzo hizo posible mi formación académica, sin su apoyo constante, nada de esto habría sido posible. Gracias a los dos que siempre fueron el mejor ejemplo de superación y perseverancia, son la mejor familia que Dios me pudo dar.

A toda mi familia que siempre estuvo dándome ánimos en las noches difíciles y apoyándome cuando más necesitaba.

A todas mis amistades leales que hice durante la carrera, con ustedes esta experiencia fue más llevadera. Su apoyo y amistad verdadera fueron fundamentales en los momentos difíciles, en especial a mi amigo Byron quien nunca dudó en brindarme su ayuda.

Gracias a mis grupos de trabajo que formé durante la carrera, con ustedes comprendí lo que en realidad es el compañerismo y empatía.

Los amo a todos y los llevo siempre en mi corazón.

Gracias a mi tutor y a la empresa Inpronet Ingeniería Cía. Ltda. Que me compartieron su conocimiento para poder culminar mi trabajo de titulación.

¡Gratitud eterna con los mios!

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA ..... **i**

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **ii**

AUTORÍA ..... **iii**

DERECHOS DE AUTOR ..... **iv**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO ..... **v**

DEDICATORIA ..... **vi**

AGRADECIMIENTO ..... **vii**

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS ..... **viii**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **xi**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xiii**

ÍNDICE DE ANEXOS ..... **xvii**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xviii**

ABSTRACT ..... **xix**

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO **1**

1.1 Tema de investigación 1

1.1.1 Planteamiento del problema 1

1.2 Antecedentes investigativos 3

1.3 Fundamentación teórica 6

1.3.1 Redes ópticas de comunicaciones 6

1.3.2 Fundamentos de las Comunicaciones Ópticas 7

1.3.3 Fibra Óptica 11

1.3.4 Red de Planta Externa 16

1.3.5 Tecnología GPON 21

1.3.6 Red Feeder 23

1.3.7 Red de Distribución 23

1.3.8 Red de Dispersión 23

1.3.9 Elementos de una Red 24

1.3.10 Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) 37

1.4 Objetivos 40

1.4.1 Objetivo general 40

1.4.2 Objetivos específicos 40

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA 41

2.1 Materiales 41

2.2 Métodos 41

2.2.1 Modalidad de la investigación 41

2.2.2 Población y muestra 42

2.2.3 Recolección de información 43

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos 43

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 56

3.1 Descripción de la Empresa 56

3.1.1 Situación actual de la Empresa 56

3.1.2 Misión……. 57

3.1.3 Visión..…….....57

3.1.4 Planes ofertados por la Empresa 57

3.2 Desarrollo de propuesta 58

3.2.1 Área de cobertura 58

3.2.2 Estudio de Mercado 60

3.2.3 Diseño de la Red 65

3.2.4 Estudio económico 87

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 92

4.1 Conclusiones 92

4.2 Recomendaciones 93

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 95

ANEXOS 102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métodos subterráneos 20

Tabla 2. Método Aéreo y Subterráneo 21

Tabla 3. Tamaño de muestra con relación al margen de error 43

Tabla 4. Criterios de recolección de información 43

Tabla 5. Planes de internet ofrecidos por la empresa 58

Tabla 6. CSC Barrios de la Parroquia 59

Tabla 7. Frecuencia de interrupciones por Proveedor 62

Tabla 8. Proyección de Suscriptores 64

Tabla 9. Condiciones Climáticas 65

Tabla 10. Clientes Potenciales por Barrios 66

Tabla 11. Segmentación de demanda por zonas 67

Tabla 12.Ubicación del nodo principal 69

Tabla 13. Demanda Porcentual 69

Tabla 14. Comparativa de cables para exterior 71

Tabla 15. Requisitos mínimos para OLT 72

Tabla 16. Comparativa de OLT 73

Tabla 17. Simbología de Red GPON 77

Tabla 18. Nomenclatura de los ramales troncales 78

Tabla 19. Nomenclatura de Mangas 79

Tabla 20. Nomenclatura de los ramales de distribución 81

Tabla 21. Nomenclatura de la red 81

Tabla 22. Consideraciones de reserva troncal 82

Tabla 23. Consideraciones de reserva de distribución 83

Tabla 24. Presupuesto óptico Zona 1 84

Tabla 25. Presupuesto óptico Zona 2 84

Tabla 26. Presupuesto óptico Zona 3 85

Tabla 27. Presupuesto óptico Zona 4 85

Tabla 28. Presupuesto óptico Zona 5 86

Tabla 29. Cálculo de Potencia por zonas 86

Tabla 30. CAPEX calculado del proyecto 87

Tabla 31. OPEX calculado del proyecto 88

Tabla 32. Ingresos proyectados 89

Tabla 33. Flujo de Caja Neto 89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño del enlace Zona. 6

Figura 2. Esquema de una red de comunicaciones ópticas con indicación de la agrupación de longitudes de onda. 7

Figura 3. División del espectro electromagnético 8

Figura 4. Reflexión y refracción de un haz de luz al incidir sobre la superficie de separación de los medios dieléctricos. a) Caso general. b) Situación en la que solo existe haz reflejado 11

Figura 5. Principio del enlace por fibra óptica 11

Figura 6. Composición básica de la fibra óptica 12

Figura 7. Funcionamiento de la fibra monomodo 12

Figura 8. Funcionamiento de la fibra multimodo 13

Figura 9. Funcionamiento de la fibra multimodo escalonado 14

Figura 10. Correcta instalación de cable aéreo autosoportado 17

Figura 11. Cable devanado (lashed) 18

Figura 12. Cableado para el método enterrado directo 18

Figura 13. Subterráneo por ductería 19

Figura 14. Método de soplado continuo vs almacenamiento de fibra intermitente 20

Figura 15. Arquitectura GPON 22

Figura 16. Composición de cable exterior monofibra diámetro 5mm 26

Figura 17. Cable interior diámetro 4.2mm 26

Figura 18. Conectores Fibra Óptica 28

Figura 19. Herraje de Tensión ADSS 28

Figura 20. Herraje de Tensión OPGW 29

Figura 21. Herraje de Suspensión OPGW 29

Figura 22. Herraje de Suspensión ADSS 30

Figura 23. Tipos de acopladores ópticos a) y b) dos ramas c) cuatro ramas d) y e) múltiples ramas 30

Figura 24. Esquema de un acoplador en T o 3 ramas 31

Figura 25. Acopladores de tres ramas basados en el uso de lentes GRIN 31

Figura 26. Acopladores de tres ramas por fusión de dos fibras 32

Figura 27. Posibles desajustes de los extremos de dos fibras 35

Figura 28. Empalme por fusión de fibras ópticas 35

Figura 29. Efecto de los desajustes de la Figura 27 en empalmes realizados por fusión 36

Figura 30. Formas de realizar empalmes por medios físicos, a) con un canal en V. y b) con canales en cono 36

Figura 31. Parámetros al elegir una caja de empalme 37

Figura 32. Tabulación pregunta 1. 44

Figura 33. Tabulación pregunta 2. 45

Figura 34. Tabulación pregunta 3. 46

Figura 35. Tabulación pregunta 4. 46

Figura 36. Tabulación pregunta 5. 47

Figura 37. Tabulación pregunta 6. 48

Figura 38. Tabulación pregunta 7. 48

Figura 39. Tabulación pregunta 8. 49

Figura 40. Tabulación pregunta 9. 50

Figura 41. Tabulación pregunta 10. 51

Figura 42. Tabulación pregunta 11. 52

Figura 43. Tabulación pregunta 12. 52

Figura 44. Tabulación pregunta 13. 53

Figura 45. Tabulación pregunta 14. 53

Figura 46. Tabulación pregunta 15. 54

Figura 47. Tabulación pregunta 16. 55

Figura 48. Logo de la empresa 56

Figura 49. Límites de la Parroquia Belisario Quevedo. 59

Figura 50. Arquitectura de la red. 66

Figura 51. Barrios de demanda. 67

Figura 52. Trazado del cableado de la red. 68

Figura 53. Distribución del cable de 12 hilos. 70

Figura 54. Esquema lógico de la red. 76

Figura 55. Digitalización de la postería de ELEPCO S.A. 78

Figura 56. Nomenclatura de identificación para ramales troncales 78

Figura 57. Nomenclatura del cable troncal. 79

Figura 58. Nomenclatura para distritos FTTH. 79

Figura 59. Atributos de la manga. 80

Figura 60. Nomenclatura para ramales de distribución. 80

Figura 61. Ramal de distribución FD01. 81

Figura 62. Asignación de herrajes. 82

Figura 63. Centro de la parroquia Belisario Quevedo 105

Figura 64. Habitante encuestado de Culaguango 105

Figura 65. Habitante encuestado del Forastero 106

Figura 66. Habitante encuestado en Illuchi 106

Figura 67. Habitante encuestado en el Centro 107

Figura 68. Habitante encuestado en Galpón Loma 107

Figura 69. Habitante encuestado en Santa Rosa 108

Figura 70. Vista de toda la red 119

Figura 71. Central 120

Figura 72. NAP más cercana en Centro de Belisario Quevedo 121

Figura 73. NAP más lejana en Culaguango 122

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Encuesta 102

Anexo B. Evidencias fotográficas de la aplicación de la encuesta 105

Anexo C. Datasheet de cable ADSS 109

Anexo D. Datasheet de la OLT 114

Anexo E. Diseño de la Red 119

Anexo F. Tasa de interes activas efectivas máximas 123

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio analiza la viabilidad para la expansión del servicio de internet por fibra óptica en la parroquia Belisario Quevedo, a través de la tecnología GPON, para la empresa INPRONET Ingeniería Cía. Ltda. La investigación surge ante el limitado acceso a servicios de internet de alta velocidad en la zona, lo que afecta el desarrollo social, educativo y económico de sus habitantes.

Mediante encuestas aplicadas a los residentes se identificó una alta demanda (suscriptores) insatisfecha, especialmente en el Centro de Belisario Quevedo e Illuchi. La mayoría de encuestados manifestó interés en contratar el servicio si se ofrece una conexión estable, rápida y a un precio accesible.

El diseño propuesto de red cumple con la normativa ITU-T G.984, asegurando niveles de atenuación dentro de los márgenes establecidos. La red fue planteada para escalar de 110 usuarios en el año inicial hasta 611 a cinco años, permitiendo una distribución eficiente del servicio.

Desde el punto de vista económico, los indicadores financieros: el VAN positivo, TIR y ROI favorable confirman la rentabilidad del proyecto.

Se recomienda iniciar la implementación en zonas de mayor concentración poblacional, fortalecer estrategias de marketing local y establecer mecanismos de control financiero y técnico. En conclusión, el proyecto es viable y representa una oportunidad para mejorar la conectividad en la parroquia y fortalecer la presencia de INPRONET en el mercado local.

Palabras clave: Fibra óptica, Redes GPON, estudio económico, estudio técnico.

ABSTRACT

This study analyzes the feasibility of expanding fiber optic internet service in the Belisario Quevedo parish through GPON technology for the company INPRONET Ingeniería Cía. Ltda. The research arises from the limited access to high-speed internet services in the area, which affects the social, educational, and economic development of its inhabitants.

Surveys conducted with residents identified a high unmet demand, especially in sectors such as Centro and Illuchi. Most respondents expressed interest in subscribing to the service if a stable, fast, and affordable connection is offered.

Technically, the proposed network design complies with ITU-T G.984 standards, ensuring attenuation levels within established margins. The network was designed to scale from 110 users in the initial year to 611 over five years, allowing for efficient service distribution.

From an economic perspective, the financial indicators a positive NPV, IRR and ROI favorable confirm the project's profitability.

It is recommended to begin implementation in areas with higher population density, strengthen local marketing strategies, and establish financial and technical monitoring mechanisms. In conclusion, the project is feasible and represents an opportunity to improve connectivity in the parish and strengthen INPRONET’s presence in the local market.

Keywords: Fiber optics, GPON networks, economic study, technical study.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

VIABILIDAD PARA LA EXPANSIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET POR FIBRA ÓPTICA EN LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO PARA INPRONET INGENIERÍA CÍA. LTDA.

1.1.1 Planteamiento del problema

El acceso limitado a redes de fibra óptica se ha convertido en un desafío crítico en el desarrollo de servicios de internet de alta calidad. Este problema surgió de una insuficiente infraestructura tecnológica que restringe la cobertura y dificulta la conexión en diversos sectores, afectando la capacidad de las personas para acceder a información y servicios digitales. Esta situación, a su vez, limita las oportunidades de aprendizaje, trabajo remoto y desarrollo socioeconómico, manteniendo una brecha digital significativa entre las áreas con mayor y menor conectividad. Es crucial abordar esta problemática mediante un análisis integral que evalúe la red de fibra óptica como una solución sostenible.

En el Ecuador, el acceso limitado a internet fijo continúa evidenciando una marcada brecha digital que afecta significativamente el desarrollo tecnológico y social del país. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el informe de TIC, menciona que el 34,0% de los hogares aún carecen de internet fijo, lo que representa un desafío crítico en una era caracterizada por la creciente digitalización. A pesar de la disminución gradual del porcentaje de personas que no utilizan internet, que pasó del 27,3% en 2023 al 22,8% en 2024, la tasa de crecimiento anual inferior al 5% es insuficiente para cerrar esta brecha. Además, los usos actuales del internet, con apenas un 5,3% dedicado a la educación y aprendizaje, y un escaso 1,7% para fines laborales, reflejan una infraestructura inadecuada que limita el aprovechamiento pleno de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). Este panorama enfatiza la necesidad urgente de fortalecer la conectividad y ampliar la cobertura para garantizar la inclusión digital y el progreso equitativo en el país [1].

Este panorama nacional se refleja también a nivel provincial, en Cotopaxi la falta de acceso al servicio de internet fijo refleja una significativa brecha digital que obstaculiza el desarrollo de la población en la era tecnológica actual. Según datos recientes, el 46,8% de los hogares en la provincia no cuentan con este servicio, considerado esencial para la educación, el trabajo y la comunicación. La situación es especialmente crítica en las zonas rurales, donde el porcentaje de hogares sin internet fijo alcanza el 54,7%, mientras que en las áreas urbanas es del 32%. Esta disparidad en el acceso agrava la desigualdad tecnológica entre las comunidades rurales y urbanas, limitando las oportunidades de progreso y aumentando la exclusión digital en la provincia [1].

A nivel local, en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de Latacunga para el período 2020-2040 identifica como uno de los principales desafíos el acceso limitado a internet en varias zonas del cantón, especialmente en las áreas rurales. Según los datos del censo 2019, solo el 50,17% de los hogares en el cantón tienen acceso a internet, con una gran disparidad entre la zona urbana (69,04%) y la rural (36,24%). Este déficit se ve reflejado en un limitado acceso a herramientas tecnológicas que afecta la educación, el acceso a servicios de salud y las oportunidades de empleo. Las autoridades locales han reconocido la necesidad de mejorar la infraestructura de telecomunicaciones en el cantón [2].

La ausencia de una infraestructura tecnológica adecuada para desplegar redes de fibra óptica es uno de los factores clave que restringen el crecimiento del servicio. Sin una base sólida, las conexiones ofrecidas son lentas e inestables, lo que afecta negativamente la experiencia del usuario. Este déficit no solo limita a la empresa, impidiendo su posicionamiento en un mercado altamente competitivo y se desaprovechan oportunidades de desarrollo empresarial.

En ciertas aéreas la presencia de proveedores establecidos crea barreras significativas para que nuevos actores puedan competir. Al no disponer de estrategias basadas en un análisis detallado del mercado, las empresas emergentes enfrentan dificultades para adaptar sus servicios a la demanda (suscriptores). Esto reduce la competitividad comercial, ya que los clientes prefieren opciones consolidadas que perciben como

más confiables. Esta situación impide captar nuevos consumidores y ampliar la cuota de mercado.

Además, la falta de estudios de mercado actualizados limita el entendimiento de las necesidades reales de los potenciales usuarios, restringiendo la capacidad de la empresa para planificar una expansión efectiva. Este desconocimiento perpetúa una brecha digital en zonas con acceso restringido, como Belisario Quevedo, donde el ancho de banda es insuficiente para cubrir las demandas tecnológicas actuales. La desigualdad en el acceso a internet no solo afecta la conectividad de los habitantes, sino que también impacta en el desarrollo educativo, laboral y social de las comunidades más vulnerables.

1.2 Antecedentes investigativos

Para el presente proyecto, se toma en consideración investigaciones previas y artículos científicos relevantes que abordan el desarrollo y expansión de redes de fibra óptica. Se ha revisado documentación reciente y pertinente, enfocada en estudios realizados en los últimos cinco años, con el objetivo de obtener un panorama actualizado sobre los avances y desafíos en la implementación de infraestructura de fibra óptica.

El artículo "Planificación de las topologías de las redes de acceso Fiber to the Home con tecnologías Gigabit Passive Optical Network", desarrollado en 2019 por Antonio Cortés en la Universidad de Panamá, aborda el diseño e implementación de redes de acceso FTTH utilizando la tecnología GPON. Este estudio se centra en analizar cómo las redes ópticas pasivas permiten conectar múltiples usuarios a través de una única fibra óptica, utilizando divisores ópticos pasivos para reducir costos operativos en comparación con redes activas. Entre las metodologías empleadas, se incluyen la planificación automatizada de redes, el análisis de topologías como Home-Run y Eye-Tree, la evaluación de costos de infraestructura y la simulación de escenarios en áreas urbanas y rurales. Además, se destaca el uso de herramientas de software como NMS y aplicaciones de control de calidad para la gestión de la red. Los resultados obtenidos demuestran la reducción en tiempos de planificación y costos de inversión, una mejora significativa en la calidad de servicios como Internet, VoIP y HDTV, y la implementación efectiva de redes más complejas que EPON, optimizando la

distribución de servicios a usuarios finales. Así también, las simulaciones realizadas en áreas urbanas y rurales evidenciaron la efectividad de las topologías Home-Run y Eye-Tree en la distribución eficiente del tráfico, maximizando la cobertura con un uso mínimo de recursos. Por último, la integración del software como NMS (Network Management Station) y sistemas de control de calidad contribuyó a una mejor gestión y monitoreo de la red, garantizando estándares superiores en la prestación de servicios digitales [3].

En el año 2020, en la Universidad Católica de Cuenca, los investigadores Piedad Cabezas y Javier Cabrera Mejía desarrollaron el tema "Diseño de una red pasiva GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones en el cantón Macará". Este estudio empleó una metodología basada en simulaciones utilizando el software Optisystem 17.0.0.1730, que permitió planificar y probar la configuración de la red. Se diseñó una red de fibra óptica FTTH con tecnología GPON, destacándose características como una tasa de transferencia de hasta 10 Gbps, un alcance de hasta 60 km, y divisores ópticos de hasta 1:128. El hardware utilizado incluyó OLT, ONT, divisores de fibra óptica y módulos SFP Clase C+. Los resultados mostraron un alto factor de calidad (Q Factor), una mínima tasa de error de bits (VER de 5.03237e-061) y un jitter bajo, confirmando que esta tecnología cumple con las recomendaciones internacionales UIT-T G.984.2 y es altamente efectiva para mejorar los servicios de telecomunicaciones en el cantón Macará [4].

En el proyecto de titulación "Diseño de la expansión de la red GPON de la empresa DATAAIR para el sector de Guangüibana en la ciudad de Píllaro", desarrollada en 2021 por Jhonny Barrionuevo y Jefferson Ribadeneira en Riobamba, Ecuador, plantea un diseño eficiente para la ampliación de los servicios de telecomunicaciones mediante tecnología GPON. Este sistema óptico permite velocidades de transmisión superiores a 1 Gbps, reduciendo el consumo energético gracias al uso de elementos pasivos. En el diseño, se emplearon herramientas como Google Earth y ArcGIS para analizar el área de implementación, mientras que el software OptiSystem permitió la simulación de la red, evaluando parámetros de desempeño como la potencia de recepción y la tasa de error (VER). Además, la metodología incluyó investigación bibliográfica para construir el marco teórico y visitas de campo a la empresa DATAAIR para recopilar datos técnicos. Como resultado, el diseño de la red cumplió con los estándares de

calidad establecidos por la ITU-T G.984.2, logrando velocidades de hasta 20 Mbps y garantizando una infraestructura adaptable a las demandas de los clientes del sector de Guangüibana [5].

Evelyn Ruiz y Geovanni Brito mencionan en su proyecto "Red GPON para la expansión de servicios de telecomunicaciones de la empresa CLICKNET S.A. en el casco central de la ciudad de Patate", presentada en el 2022 en Ambato, Ecuador, se centra en el diseño de una red de fibra óptica FTTH con tecnología GPON. Este proyecto plantea una solución para mejorar los servicios de telecomunicaciones, implementando dos niveles de compartición (1:8 y 1:16) que permiten una distribución eficiente de la señal. La tecnología GPON, basada en una arquitectura pasiva, facilita la transmisión de servicios Triple Play (internet, televisión y telefonía) sin necesidad de equipos activos entre el proveedor y el usuario, reduciendo costos operativos y complejidad. Además, se utilizaron herramientas como OptiSystem y Matlab para la simulación y análisis del comportamiento de la red, evaluando parámetros como la pérdida de señal y los requisitos de potencia. El análisis técnico demostró que la arquitectura pasiva de la red disminuyó significativamente los costos operativos, al eliminar la necesidad de equipos activos intermedios entre el proveedor y los usuarios finales. El proyecto también validó la capacidad de la tecnología GPON para ofrecer servicios Triple Play de alta calidad, con mejoras sustanciales en la experiencia del usuario en términos de velocidad, estabilidad y disponibilidad. El diseño propuesto de la Figura 1 destaca los elementos esenciales de la red, las conexiones hasta el cliente final y el cálculo del presupuesto óptico teórico, considerando pérdidas por fusiones, conectores y splitter. Esto aseguró una señal adecuada para un servicio estable. Además de mejorar la calidad del servicio (QoS) de CLICKNET S.A., el diseño ofrece un modelo escalable y flexible para futuras expansiones en el casco central de Patate, consolidando el crecimiento sostenible de la empresa [6].

En el año 2023, en la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, los investigadores Fabián Alcoser, Geovanny Vega y Raúl Ramos con el tema "Evaluación de los Servicios de la Red GPON de CNT en la Parroquia Barreiro Viejo del Cantón Babahoyo". Este estudio empleó una metodología teórico-empírica con un estudio de campo, utilizando una muestra de 358 habitantes de una población total de 5257, para evaluar la calidad del servicio y los problemas de saturación de la red GPON. La

tecnología GPON, que soporta tasas de hasta 2.5 Gbps en el canal descendente y 1.25 Gbps en el ascendente, demostró su capacidad para ofrecer velocidades de hasta 100 Mbps por usuario utilizando el método de encapsulación GEM. Los resultados revelaron que, aunque el 29% de los encuestados calificaron el rendimiento de la red como óptimo, el uso promedio de 10.26 Gbps superó la capacidad máxima de la red de 10 Gbps, lo que evidenció problemas de saturación durante las horas pico y afectó significativamente la satisfacción de los usuarios. Esto subraya la necesidad de optimizar la red para evitar la migración a otros proveedores [7].

Presupuesto Óptico teórico cliente más lejano de la zona

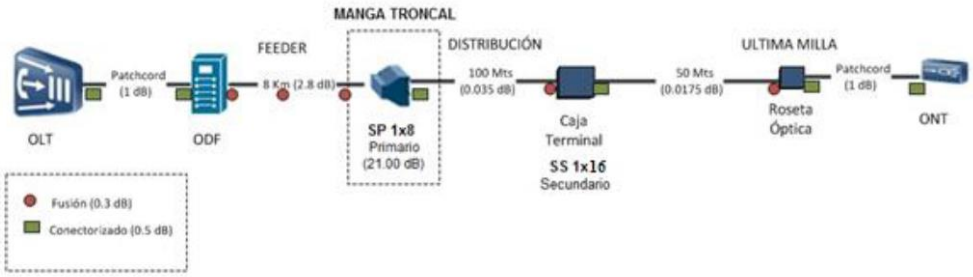


Figura 1. Diseño del enlace Zona [6].

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Redes ópticas de comunicaciones

Se pueden construir redes ópticas complejas y eficientes, donde la luz es el principal medio de transmisión y muchos de los componentes usados son fotónicos. Estas redes pueden cubrir desde zonas pequeñas, como barrios, hasta áreas grandes como ciudades. Cada red puede conectar a sus usuarios localmente y también comunicarse con otras redes ópticas.

Entra en juego la tecnología WDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda). Cada usuario o grupo de usuarios se identifica por una longitud de onda específica, que se usan para enviar y recibir información. Pero como hay un número limitado de longitudes de onda útiles, como se muestra en la Figura 2, estas longitudes de onda se divide el uso en frecuencias locales (para redes pequeñas) y frecuencias

globales (para conexiones entre redes). Las locales se pueden repetir en distintas zonas sin causar interferencias, mientras que las globales son únicas y se reservan para conectar diferentes redes. Esto genera un nuevo desafío: hacer que los equipos puedan cambiar de una frecuencia local a una global cuando se necesita comunicar con otra red. Todo esto hace que el diseño de redes ópticas sea un campo muy activo, tanto en el desarrollo de nuevos dispositivos como en la creación de algoritmos que optimicen el uso de rutas y frecuencias [8].

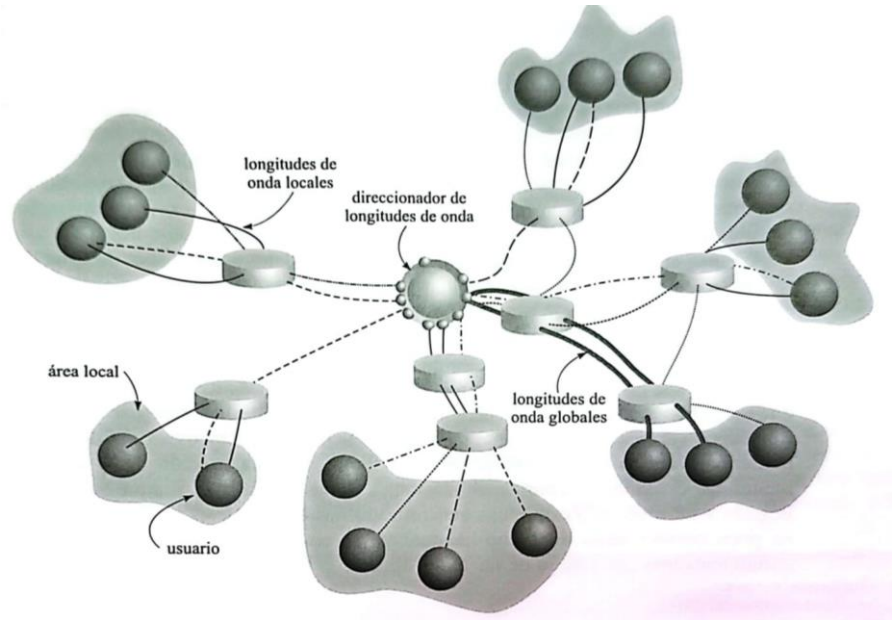


Figura 2. Esquema de una red de comunicaciones ópticas con indicación de la agrupación de longitudes de onda [8].

1.3.2 Fundamentos de las Comunicaciones Ópticas

a. La luz

La luz es una forma de radiación electromagnética que es visible para el ojo humano y que, además, es fundamental en diversos procesos tecnológicos y científicos. Comprender sus propiedades y comportamientos es esencial, especialmente en aplicaciones como la fibra óptica, donde la luz se utiliza para transmitir información a través de largas distancias [9].

- ***Espectro Electromagnético.*** Son todas las frecuencias (la cantidad de ciclos de la onda por segundo) en las que se produce esta radiación. Con la tecnología actual, se

ha podido detectar frecuencias electromagnéticas que van desde valores tan bajos como 30 Hz hasta frecuencias extremadamente altas, cerca de $\mathbf{2.9 \times 10^{27}}$ Hz, Figura 3. A pesar de que el espectro es teóricamente infinito y continuo, se considera que la menor longitud de onda posible (la distancia entre dos puntos de mayor amplitud de la onda) es la longitud de Planck ($\mathbf{1.616252 \times 10^{-35}}$ m), lo que establece una escala en la que el espacio podría abandonar su geometría clásica. Esto implica que no podemos tratar longitudes de onda menores que esa con los modelos actuales de física debido a los efectos de la gravedad cuántica [10].

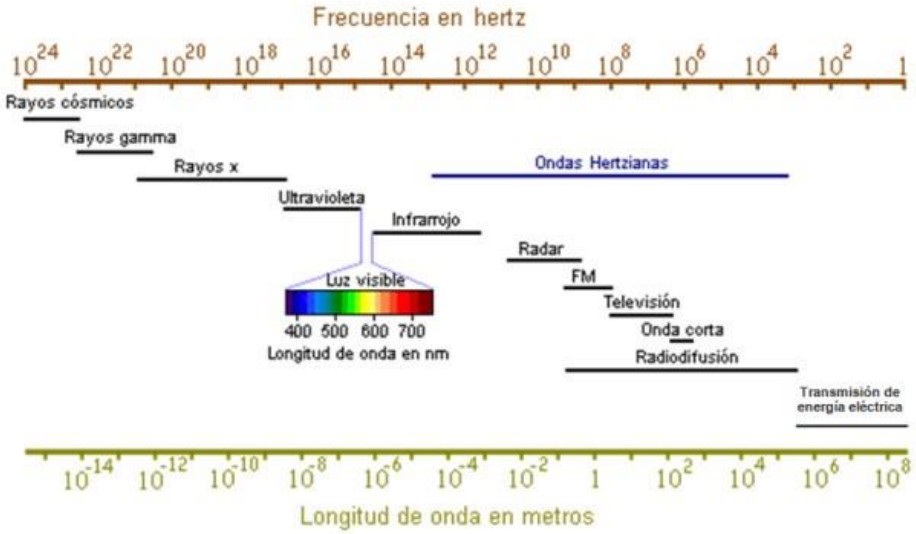


Figura 3. División del espectro electromagnético [10].

Las ondas electromagnéticas tienen propiedades similares, como moverse a la misma velocidad en el vacío, que es de 300,000 km/s, y pueden ser descritas por las ecuaciones de Maxwell (Ecuación 1). Dependiendo de la región del espectro que se estudie, las ondas se pueden medir en frecuencia o longitud de onda. La relación entre ambas es [8]:

$$\boldsymbol{Longitud\ de\ onda = \frac{Velocidad\ de\ la\ luz}{Frecuencia}} \qquad (1)$$

$$\boldsymbol{\lambda = \frac{c}{v}} \qquad (2)$$

En la Ecuación 2, la frecuencia (denotada como v, en lugar de f para diferenciar la frecuencia de la radiación de la señal de información) indica cuántas veces pasa una onda por segundo a través de un punto específico, mientras que la longitud de onda es la distancia entre dos puntos consecutivos de la onda que tienen el mismo valor de fase. También es importante recordar que cuando las señales viajan a través de un medio material, como una fibra óptica, la velocidad a la que se propagan disminuye en comparación con su velocidad en el vacío. Esta reducción de velocidad se describe mediante el índice de refracción (n), que siempre es mayor que 1, y se calcula con la Ecuación 3:

$$\boldsymbol{n = \frac{C_{vacío}}{C_{mat}}} \qquad (3)$$

Donde la velocidad de la luz en el vacío se representa como $C_{vacío}$ y la velocidad de la luz en el material como C_{mat}. Además, la luz que se mueve a través de un material tiene un camino óptico diferente al camino geométrico que recorrería en el vacío. Este camino óptico es la distancia que la luz recorrería en el vacío en el mismo tiempo que tarda en atravesar el material [8] .

b. Leyes de Snell

Las leyes de Snell explican cómo se comporta un rayo de luz al pasar de un medio transparente a otro. Estas leyes, descubiertas por Willebrord Snell, indican que tanto el rayo reflejado como el refractado se mantienen en el mismo plano que el rayo incidente y la normal (línea perpendicular al punto de incidencia). En la reflexión, el ángulo de entrada es igual al de salida ($\theta_1 = \theta_{1c}$), mientras que la refracción lo hará de acuerdo con la ley de Snell, donde n_1 y n_2 representa el índice de refracción de cada medio [11].

Uno de los experimentos más clásicos de óptica se basa en los fenómenos que experimenta un haz de luz cuando incide sobre la superficie que separa dos medios dieléctricos con diferente índice de refracción, bajo un cierto ángulo. Si ambos medios son homogéneos, isótropos y no presentan pérdidas, el resultado es que el haz incidente se bifurca en dos: uno reflejado y otro refractado. Cada uno de estos haces se propaga

por los dos medios de acuerdo con sus propias trayectorias. El haz reflejado seguirá una trayectoria que forma un ángulo con la normal al plano de separación de los medios, igual al ángulo de incidencia (Figura 4.a), mientras que el haz refractado se propaga según la ley de Snell que se muestra en la Ecuación 4 [8]:

$$\boldsymbol{n_1\ sin(\theta_1)\ =\ n_2\ sin(\theta_2)} \qquad (4)$$

Este fenómeno, cuando el índice de refracción del segundo medio (n_2) es mayor que el del primero (n_1), se cumple para cualquier ángulo de incidencia. Sin embargo, si n_1>n_2, la situación cambia. Para un ángulo de incidencia crítico θ₁, se cumple la siguiente relación de la Ecuación 5:

$$\boldsymbol{n_1\ sin(\theta_{1c})\ =\ n_2\ sin\left(\frac{\pi}{2}\right)} \qquad (5)$$

O lo que es igual a la Ecuación 6 :

$$\boldsymbol{sin(\theta_{1c}) = \frac{n_2}{n_1}} \qquad (6)$$

Este ángulo se denomina ángulo crítico. Para ángulos de incidencia mayores a θ_{1c}, se entra en el fenómeno conocido como reflexión total interna. En este caso, no existe un haz de luz refractado que se propague por el segundo medio; todo el haz se refleja dentro del primer medio (Figura 4.b).

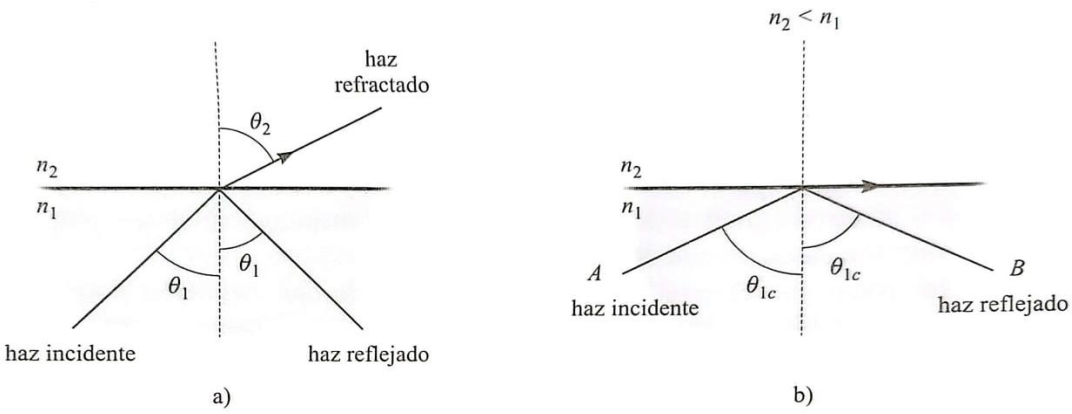


Figura 4. Reflexión y refracción de un haz de luz al incidir sobre la superficie de separación de los medios dieléctricos. a) Caso general. b) Situación en la que solo existe haz reflejado [8].

1.3.3 Fibra Óptica

La fibra óptica transmite datos a grandes velocidades. Se empleaba inicialmente en aplicaciones profesionales, hasta el hogar y oficina facilitando servicios digitales de banda ancha. Los componentes importantes es el transductor de señales eléctricas a luz, el haz de luz puede recorrer muchos kilómetros con pérdidas muy bajas. Y otro transductor de operación inversa devolviendo originalmente su mensaje [12].

Los dispositivos semiconductores que participan en el enlace optoelectrónico, los cuales se utilizan en las comunicaciones por fibra óptica, tienen la función de proporcionar medios mecánicos de acoplamiento para facilitar tanto la transmisión de la luz (en el lado emisor) como su recepción (en el lado receptor), ver Figura 5. Estos dispositivos se encuentran en terminales estandarizados como los tipos ST, SC, entre otros. En estos terminales, la fibra se inserta después de haber sido limpiada y pulida, y se fija mediante presión mecánica o con pegamento [12].

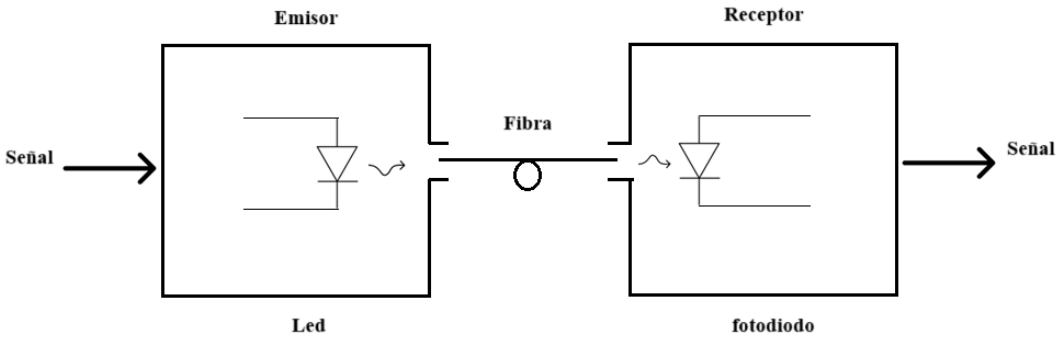


Figura 5. Principio del enlace por fibra óptica [12].

a. Estructura de la Fibra Óptica

La fibra de vidrio usada en telecomunicaciones actúa como un conductor de radiación luminosa, que no es visible para el ojo humano, y tiene un diámetro muy pequeño. Está formada por tres capas concéntricas, como se muestra en la Figura 6.

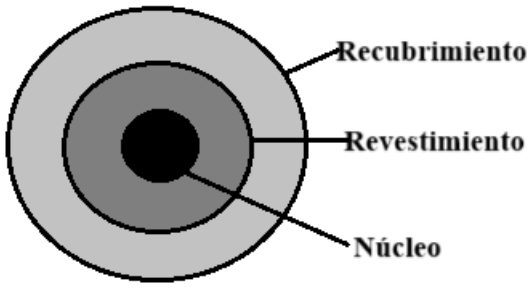


Figura 6. Composición básica de la fibra óptica [5].

b. Tipos de Fibra Óptica

Existen dos tipos principales de fibra óptica, monomodo y multimodo, cada uno con características distintas según cómo transmiten la luz y para qué se usan [13]:

- ***Fibra Monomodo.*** La fibra monomodo es la que puede transportar más información, ya que tiene una capacidad de hasta 100 GHz por kilómetro. Sin embargo, es también la más difícil de instalar. Se llama "monomodo" porque solo permite que la luz viaje por un único camino, siguiendo el eje de la fibra (Figura 7). El núcleo de esta fibra es muy pequeño, entre 5 y 8 micrómetros, casi del mismo tamaño que la longitud de onda de la luz que transmite. Si el núcleo tiene un índice de refracción muy distinto al de la cubierta, se le llama fibra monomodo de índice escalonado. Aunque permite enviar grandes volúmenes de datos, es delicada de manejar y aún presenta complicaciones en las conexiones.

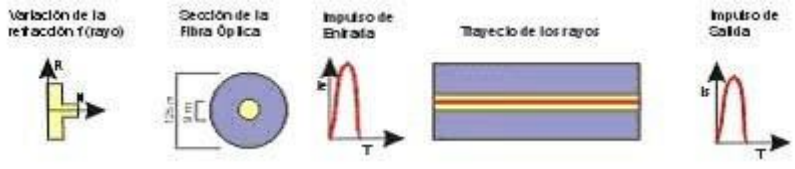


Figura 7. Funcionamiento de la fibra monomodo [13].

Radio efectivo del núcleo de una fibra óptica monomodo

En las fibras ópticas monomodo, los fabricantes suelen indicar dos medidas diferentes: el diámetro real del núcleo y el diámetro modal (también llamado "diámetro de campo modal"), que es una medida aproximada del área por donde realmente viaja la mayor parte de la luz.

Para entenderlo mejor, se define el radio efectivo como el radio dentro del cual está contenida aproximadamente el 95% de la energía que transporta la luz en la fibra. Este valor no es igual al radio físico del núcleo, ya que la luz no se concentra perfectamente en el centro.

Una forma aproximada de calcular este radio efectivo es con la Ecuación 7:

$$\boldsymbol{r_{efectivo}} \approx \frac{\mathbf{2,6}}{\boldsymbol{V}} * \boldsymbol{r_{real}} \qquad (7)$$

Donde:

$r_{efectivo}$ es el radio efectivo,

r_{real} es el radio real del núcleo,

V número que depende del índice de refracción y la longitud de onda.

- ***Fibra Multimodo.*** Se presenta los diferentes índices para este tipo de fibra:

Fibra Multimodo de Índice Gradual (Gradiente)

Este tipo de fibra tiene una capacidad de transmisión de hasta 500 MHz por kilómetro. Su funcionamiento se basa en que el índice de refracción cambia de forma gradual dentro del núcleo, haciéndose menor mientras se acerca a la cubierta, véase la Figura 8. Esto hace que los rayos de luz se mantengan cerca del eje de la fibra, reduciendo la dispersión y mejorando la calidad de la señal. Un tipo común es la fibra de 62,5/125 micrómetros (núcleo/cubierta), pero también existen otras medidas como 50/125 µm y 100/140 µm en diferentes variantes.



Figura 8. Funcionamiento de la fibra multimodo [13].

Fibra Multimodo de Índice Escalonado

Estas fibras pueden estar hechas de vidrio o plástico. Las de vidrio tienen una atenuación de 30 dB/km y las de plástico de 100 dB/km, lo que significa que pierden más señal que otros tipos. Su capacidad es menor, alcanzando hasta 40 MHz por kilómetro. En este caso, el índice de refracción cambia bruscamente del núcleo a la cubierta, por eso se llama "índice escalonado". El núcleo tiene un valor constante de índice de refracción que es mucho mayor que el de la cubierta (Figura 9).

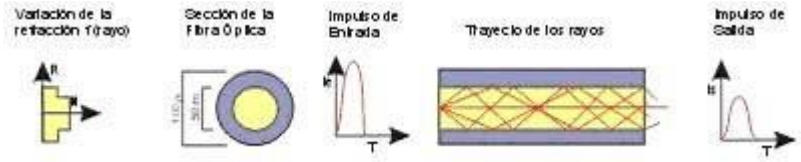


Figura 9. Funcionamiento de la fibra multimodo escalonado [13].

c. Ventajas y Desventajas de la fibra óptica

Las fibras ópticas tienen muchas ventajas frente a otros medios de transmisión, por eso se usan tanto hoy en día en las telecomunicaciones. Entre las más importantes están [11]:

- ***Información pertinente de este nivel.*** Gran ancho de banda. Las fibras ópticas pueden transmitir muchísima información al mismo tiempo gracias a su capacidad de soportar muchos canales y a la alta velocidad de la luz. Es el medio físico con mayor capacidad de transmisión que existe.

- ***Bajas pérdidas de señal.*** La capacidad de baja atenuación y dispersión ayuda a que las señales pueden viajar largas distancias (hasta 50 km) sin necesidad de repetidores, lo que ahorra costos, ya que esos equipos son caros.

- ***Tamaño reducido.*** Tienen un diámetro muy pequeño, por lo que son ideales para lugares donde hay poco espacio, como en aeronaves, submarinos, túneles o dentro de salas de servidores.

- ***Peso ligero.*** A pesar de su tamaño, pueden manejar muchos canales, lo que las hace muy eficientes en relación peso/capacidad.

- ***Inmunidad a interferencias electromagnéticas (EMI) y de radiofrecuencia (RFI).*** Como por la fibra solo viaja luz (no corriente), no emite ni recibe radiación electromagnética. Esto evita problemas como interferencias de otros equipos electrónicos, muy comunes en ambientes con muchos dispositivos. También es segura en lugares con riesgo de explosión o equipos de alta tensión, porque no conduce electricidad.

- ***Alta seguridad.*** Interceptar una señal de fibra óptica es muy difícil y si alguien intenta hacerlo, normalmente se detecta fácilmente. Esto las hace seguras para transmitir datos sensibles.

- ***Flexibilidad tecnológica.*** Las redes hechas con fibra pueden adaptarse y mejorar fácilmente en el futuro, ya que es posible actualizar los emisores y receptores sin cambiar todo el cableado.

Aunque las fibras ópticas tienen muchas ventajas, también presentan algunas limitaciones importantes que hay que tener en cuenta [11], [13]:

- ***Instalación costosa.*** El costo para instalar fibra óptica es alto, tanto en materiales como en mano de obra especializada. Además, el acceso está limitado a las zonas donde ya existe la infraestructura.

- ***Conexión limitada geográficamente.*** Solo pueden contratar el servicio quienes viven en áreas donde ya está tendida la red de fibra, lo que deja fuera a muchas zonas rurales o alejadas.

- ***Costo por datos transferidos.*** Algunas empresas cobran según la cantidad de datos utilizados (en megabytes), no por el tiempo de uso, lo que puede hacerla menos accesible para algunos usuarios.

- ***Fragilidad de las fibras.*** Las fibras ópticas son muy delicadas y se pueden romper fácilmente si no se manipulan con cuidado.

- ***Requiere personal capacitado y herramientas especiales:*** No se puede trabajar con fibra óptica como con cables normales; se necesitan técnicos entrenados y equipos específicos.

- ***Reparaciones difíciles y costosas.*** En caso de rotura (por accidente o sabotaje), reparar una fibra óptica es complicado y en general costoso, especialmente en campo abierto.

- ***Disponibilidad limitada de conectores.*** No siempre se encuentran fácilmente los conectores ópticos necesarios, lo que puede retrasar o encarecer instalaciones.

- ***Baja eficiencia en la interfaz electrónica.*** Los dispositivos que conectan la fibra con los sistemas electrónicos aún no son muy eficientes, lo que puede afectar el rendimiento.

- ***Problemas con señales analógicas.*** Debido a que los emisores y detectores ópticos no son lineales, no son adecuados para transmitir señales analógicas con precisión.

- ***No se puede usar polaridad.*** Las fibras no permiten trabajar con señales de tres niveles como positivo, negativo y cero, lo que limita algunas aplicaciones específicas.

- ***Dependencia de corriente eléctrica:*** Aunque la fibra transmite luz, casi siempre se necesita una línea eléctrica adicional para alimentar los equipos electrónicos conectados.

1.3.4 Red de Planta Externa

Acorde con OSP ANSI-TIA 758-B, estándar donde planta externa hace referencia a la infraestructura de telecomunicaciones diseñada para instalaciones en el exterior hasta el edificio. Es decir, abarca todos los elementos de red que se encuentra fuera de los edificios, como postes, cables y otros componentes, que se encargan de llevar los servicios de conectividad desde las redes externas hasta las instalaciones de los usuarios [14]. La planta externa empieza en la central y termina en la acometida.

a. Métodos de instalación

La instalación de fibra óptica generalmente depende de la zona, una vez que se ha decidido realizar la instalación en una ubicación específica, es importante considerar los diferentes métodos disponibles para tendidos de fibra óptica.

- ***Aéreo – Autosoportado.*** El método aéreo autosoportado en la instalación de fibra óptica se refiere a técnicas que permiten que el cable soporte su propio peso durante su instalación aérea, eliminando la necesidad de cables adicionales o estructuras de soporte, véase Figura 10. Esto se logra mediante el diseño especializado del cable, que incorpora elementos de refuerzo que le otorgan la resistencia mecánica necesaria [14].

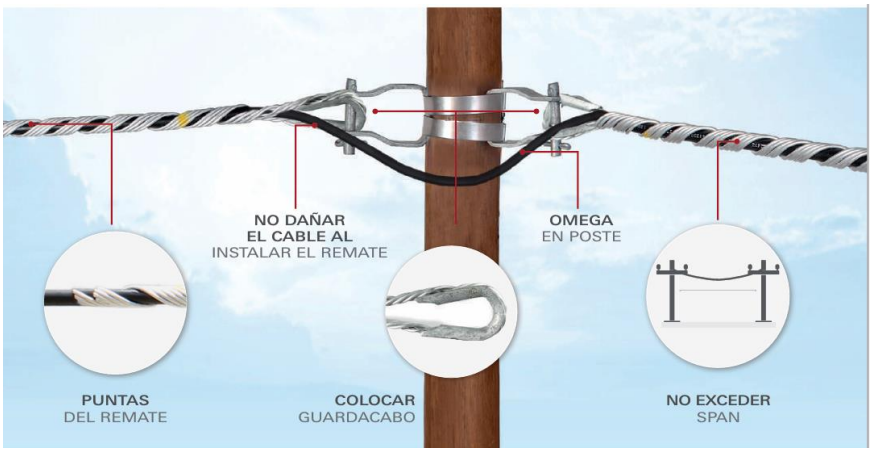


Figura 10. Correcta instalación de cable aéreo autosoportado [15].

La capacidad de los cables autosoportados para cubrir distancias entre postes varía según su diseño y resistencia. Por ejemplo, los cables ADSS pueden cubrir distancias de hasta 500 metros o más sin soporte adicional [14].

En áreas donde la fauna local representa un riesgo para la infraestructura, existen cables diseñados con características especiales para resistir la acción de pequeños roedores [16].

- ***Aéreo – "Lash".*** Es una técnica utilizada para instalar cables de fibra óptica que no son autosoportados. Este proceso consiste en usar un alambre de soporte, conocido como "messenger wire", junto con un alambre de lasheado que se emplea para fijar y estabilizar el cable óptico a lo largo de su trayecto aéreo como se muestra en la Figura 11. Este método es eficiente para asegurar que los cables se mantengan en su lugar y sean capaces de resistir las condiciones ambientales sin comprometer la integridad de la fibra [17].

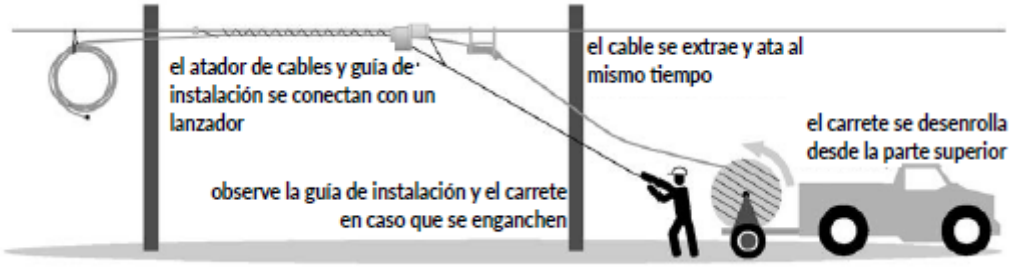


Figura 11. Cable devanado (lashed) [17].

- ***Subterráneo – Enterrado directo.*** El enterramiento directo es un método comúnmente utilizado para la instalación de cables de fibra óptica en áreas urbanas. Consiste en enterrar los cables directamente bajo el suelo mediante excavación y zanjas (Figura 12), sin necesidad de utilizar postes o conductos subterráneos adicionales [18].



Figura 12. Cableado para el método enterrado directo [19].

Entre sus ventajas se encuentran una mayor estética, ya que los cables no son visibles, una instalación económica y su flexibilidad para adaptarse a diferentes tipos de terreno. Sin embargo, presenta desventajas importantes, como estar sujeto a daños por factores como roedores, agua o excavaciones, y ser difícil de acceder en caso de necesitar reparaciones o mantenimiento, por lo cual se debe colocar una cinta que advierta al momento de una excavación como se muestra en la Figura 12. Además, el cable utilizado en este tipo de instalación suele ser más caro debido a la necesidad de mayor protección frente a estos riesgos [19].

- ***Subterráneo – Ductería.*** La instalación subterránea de fibra óptica por ductería implica el tendido de cables de fibra óptica dentro de conductos subterráneos (Figura 13), proporcionando una protección adicional contra factores externos que podrían comprometer la integridad de la red.

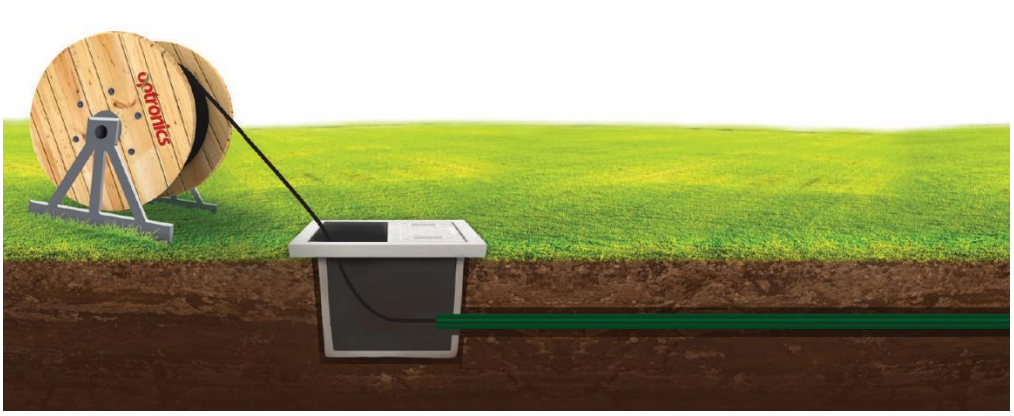


Figura 13. Subterráneo por ductería [19].

Los conductos deben ser de materiales resistentes, como PVC o polietileno de alta densidad (HDPE), para garantizar la durabilidad y protección de la instalación. Además, existen dos métodos principales para la colocación de los cables: por jalado o por soplado (Figura 14), dependiendo de las necesidades del proyecto [20].

Método de "Jalado"

Consiste en jalar el cable a través del conducto utilizando una cuerda preinstalada. Este método es adecuado para distancias cortas y requiere equipos y personal en ambos extremos del trayecto.

Método de Soplado de Aire

Utiliza aire comprimido para impulsar el cable a lo largo del conducto, permitiendo una instalación más rápida y eficiente, especialmente en trayectos largos con múltiples curvas.

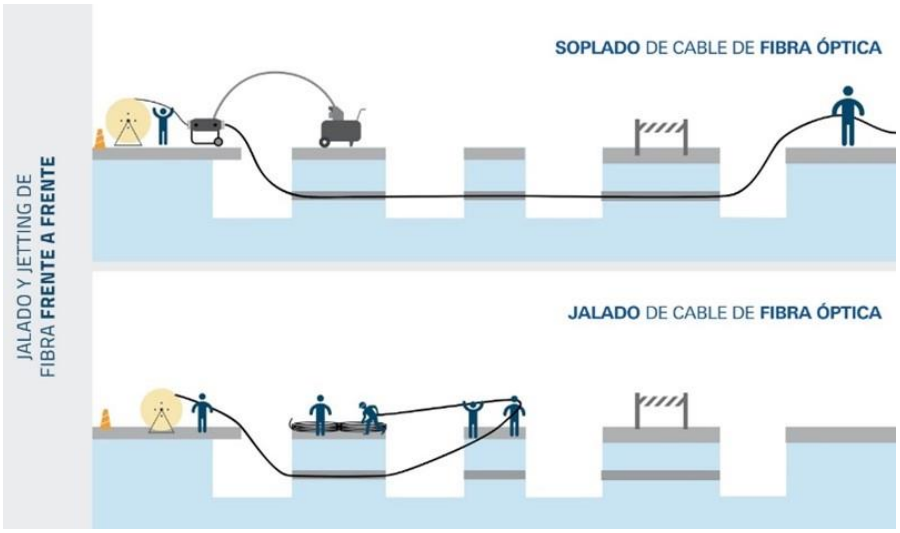


Figura 14. Método de soplado continuo vs almacenamiento de fibra intermitente [21].

A continuación, se muestra la Tabla 1 una comparativa entre los métodos de instalación subterráneo, resaltando las diferencias clave entre ambos enfoques.

Tabla 1. Métodos subterráneos[18], [19], [20]

Característica	**Ductería**	**Enterrado Directo**
Estética	Alta (oculto)	Media (cable enterrado directamente
Protección contra daños	Alta (cable protegido dentro de ducto)	Baja (sujeto a daños por roedores, agua, etc.)
Facilidad para realizar cambios	Alta (facilita cambios)	Baja (difícil de acceder sin excavar)
Costo de instalación	Alto (requiere construcción de ductos)	Bajo (menos costoso que ductería)
Acceso a la infraestructura	Bajo (acceso más fácil)	Alto (difícil acceso en caso de reparaciones)
Requiere coordinación externa	Sí (coordinación con autoridades para permisos)	No (no requiere coordinación externa)

En la Tabla 2 se comparan los métodos de instalación aérea y subterránea, destacando sus características principales y diferencias. La comparación se realizó en función de aspectos como la estética, la protección frente a daños, los costos asociados y el acceso a la infraestructura, permitiendo identificar las ventajas y limitaciones de cada alternativa.

Tabla 2. Método Aéreo y Subterráneo

Característica	Aéreo	Subterráneo
Estética	Baja (cables visibles)	Alta (oculto bajo tierra)
Protección contra daños	Baja (sujeto a vandalismo, impactos)	Alta (protección contra daños físicos)
Facilidad para realizar cambios	Alta (fácil acceso para modificaciones)	Baja (difícil de acceder para modificaciones)
Costo de instalación	Bajo (menos costoso que subterráneo)	Alto (costoso por excavar y proteger cables)
Acceso a la infraestructura	Alto (fácil acceso)	Bajo (difícil acceso, requiere excavación)
Susceptibilidad al clima	Alta (afectado por condiciones meteorológicas)	Baja (menos afectado por clima)

1.3.5 Tecnología GPON

GPON (Gigabit Passive Optical Network) es una tecnología avanzada de red de acceso que utiliza fibra óptica para transmitir datos de manera eficiente en sistemas de telecomunicaciones [22]. Esta tecnología fue aprobada por la ITU-T y se usa en todo el mundo para mejorar la eficiencia y reducir los costos en la entrega de servicios de banda ancha [23].

a. Características

GPON se destaca por su capacidad para ofrecer altas velocidades de transmisión y soporte de múltiples servicios, todo bajo una arquitectura eficiente de fibra óptica, sus principales particularidades se basan en [21]:

- ***Estandarización.*** GPON está estandarizado bajo las recomendaciones ITU-T G.984.x, con las primeras recomendaciones emitidas entre 2003 y 2004.

- ***Velocidades.*** Ofrece velocidades de hasta 2,5 Gbps, con la velocidad más común siendo 2,488 Gbps downstream y 1,244 Gbps upstream.

- ***Capacidades OAM.*** Implementa capacidades avanzadas de Operación, Administración y Mantenimiento (OAM) para la monitorización y gestión de la red.

- ***Flexibilidad en servicios.*** Soporta servicios tradicionales como voz y datos, así como nuevos servicios de alta demanda.

- ***Menor interferencia.*** Es resistente a la interferencia electromagnética, mejorando la calidad de la señal y la capacidad de las redes para soportar el aumento de la demanda de servicios.

- ***Alta velocidad y confiabilidad***. Permite conectar múltiples usuarios con alta velocidad y confiabilidad, adaptándose a las necesidades del mercado.

- ***Eficiencia en costos.*** Reduce los costos de instalación y mantenimiento, permitiendo a los proveedores ofrecer precios más competitivos.

- ***Escalabilidad.*** Es adaptable a diferentes configuraciones de red y a la evolución de los servicios.

- ***Mayor ancho de banda.*** Capaz de manejar grandes volúmenes de datos, ideal para servicios de alta definición y otros servicios avanzados.

- ***Distancias extendidas.*** Permite mayores distancias entre la central y el abonado sin pérdida significativa de señal.

La arquitectura GPON es una solución muy eficiente para redes de acceso de fibra óptica, donde se requiere alta capacidad de transmisión para satisfacer la demanda de servicios de datos, voz y video. Su diseño se presenta en la Figura 15 , contemplando su estructura que la conforma.

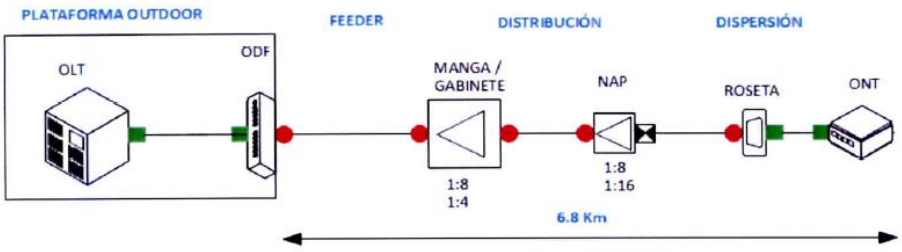


Figura 15. Arquitectura GPON [24].

1.3.6 Red Feeder

La Red Feeder, también conocida como la red troncal o principal, está formada por cables de fibra óptica que usualmente se instalan dentro de ductos operativos, ya que tienen la capacidad de manejar grandes volúmenes de datos para miles de usuarios. Esta red comienza en los distribuidores de fibra óptica (ODF) y se extiende hasta el primer nivel de spliteo, ubicado en un armario de distribución de fibra (como un FDH o FDB), o incluye mangas porta splitter. Para su implementación, se utiliza una fibra óptica que está estandarizada; la más común es la fibra monomodo G652D, debido a sus parámetros y facilidad para ser instalada y desplegada [24].

Los cables Feeder típicamente se componen de 96, 144 o 288 hilos, dependiendo de la densidad de la población en la que se va a desplegar la red ODN. Es importante evitar empalmes innecesarios en los cables, por lo que se recomienda sangrar la fibra óptica para asegurar que solo se realicen empalmes en la manga, interviniendo solo los buffers diseñados para ello, de modo que los demás buffers continúen su trayecto sin alteraciones [25].

1.3.7 Red de Distribución

Red que conecta el armario de distribución (FDH) o mangas porta splitter con las cajas de distribución (NAP), compuestas de splitters, cables de fibra, subidas a poste y empalmes [24]. La red de distribución es un componente fundamental de la Red Óptica Pasiva (ODN), diseñada para conectar múltiples usuarios a través de una infraestructura de fibra óptica. Esta red permite la división óptica, la cual facilita el servicio a un gran número de viviendas [25].

1.3.8 Red de Dispersión

Los cables de fibra óptica que conectan la caja de distribución óptica (NAP) con la roseta óptica conforman lo que se conoce como red de acceso. Esta red se puede dividir en dos tramos, dependiendo del tipo de cable drop utilizado: uno para el exterior y otro para el interior. El tramo exterior se refiere al cable que se extiende desde la caja de

distribución hasta el edificio, mientras que el tramo interior conecta el punto de entrada al edificio con la roseta óptica dentro del mismo [24], [25].

1.3.9 Elementos de una Red

Dentro de los componentes clave utilizados en las redes de fibra óptica, se incluyen varios elementos esenciales para garantizar su funcionamiento y eficiencia. Entre ellos se encuentran los conectores, emisores de haz de luz, conversores de luz. Además, los acopladores, cajas y bandejas de fibra son fundamentales para organizar y proteger los cables y sus conexiones.

a. Elementos Activos

- ***Fuentes de energía óptica.*** Dispositivos que transforman señales electrónicas en señales ópticas con el fin de envio de datos a través de fibra óptica. Esta fuente convierte los electrones de la señal electrónica en fotones de luz, que luego se emiten por la fibra óptica. Hay dos tipos principales de fuentes de energía óptica [26]:

LEDs

Los LEDs usan una corriente de 50 a 100 mA, son fáciles de usar, económicos y tienen una vida útil muy larga. Sin embargo, su velocidad de transmisión es baja y solo pueden ser utilizados en fibras multimodo.

Láseres

Los láseres emplean una corriente de 5 a 40 mA, son mucho más rápidos y pueden usarse tanto en fibras monomodo como multimodo. Aunque tienen un tiempo de vida largo, es menor que el de los LEDs y son más costosos, a pesar de que han aparecido nuevos tipos como los VCSELs (Vertical Cavity Surface Emitting Lasers) y los RCLEDs (Resonant Cavity LEDs), que han mejorado su rendimiento.

- ***Detectores de energía óptica.*** Dispositivos, normalmente fotodiodos, que convierten las señales ópticas recibidas en señales electrónicas. Estos detectores generan una corriente proporcional a la luz modulada que reciben, y esa corriente está

directamente relacionada con la potencia de la señal óptica. Las condiciones necesarias para un fotodetector en comunicaciones ópticas son las siguientes [26]:

- El fotodetector debe tener una corriente inversa muy pequeña en ausencia de luz, lo que le permite detectar señales ópticas débiles (alta sensibilidad).
- Debe tener un gran ancho de banda para poder responder rápidamente a las señales.
- El dispositivo debe generar lo menos posible de ruido para no interferir con la señal óptica.

Los dos tipos principales de detectores son:

Detectores PIN

Se utilizan en sistemas donde es fácil distinguir entre niveles de luz y en distancias cortas.

Detectores APD

Tienen un bajo nivel de ruido y un alto rendimiento, pero requieren alta tensión de alimentación (200-300V). Son ideales para aplicaciones que exigen altas prestaciones.

b. Elementos Pasivos

- ***Cables de fibra óptica.*** Cada cable depende de su diseño, existen diferentes tipos [26]:

Cable de fibra óptica para exterior

Este tipo de cable está compuesto por varios tubos de fibra que rodean un miembro central de refuerzo, todo ello recubierto por una cubierta protectora. Cada uno de los tubos, de entre dos y tres milímetros de diámetro, contiene varias fibras ópticas que se colocan de manera holgada en su interior. Los tubos pueden estar vacíos o llenos de un gel hidrófugo, que funciona como una barrera contra la humedad para prevenir que el agua ingrese a la fibra. La disposición de los tubos ayuda a aislar las fibras de las fuerzas mecánicas externas, garantizando su protección. Así también, el cable posee un componente central que le otorga resistencia a la tracción, puede ser de varilla de

metal flexible o dieléctrica. Un ejemplo de cable de fibra se puede visualizar en la Figura 16.

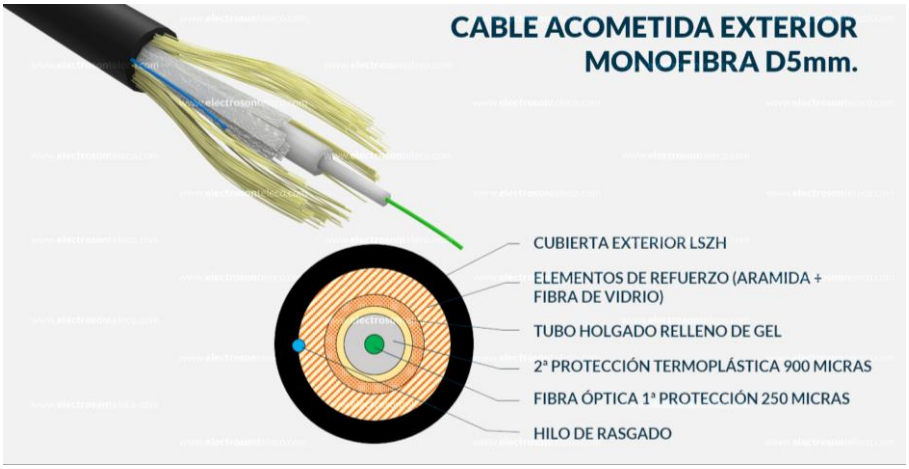


Figura 16. Composición de cable exterior monofibra diámetro 5mm [27].

Cable de fibra óptica para uso interior

Este cable está diseñado específicamente para instalaciones dentro de edificios, siendo más flexible y con un radio de curvatura más pequeño que el cable de estructura holgada utilizado para exterior. Contiene varias fibras ópticas con una protección secundaria que las rodea, así como un miembro central de tracción para ofrecer resistencia a las fuerzas mecánicas. El conjunto está cubierto por una protección plástica exterior que asegura la integridad del cable en entornos interiores, permitiendo un manejo y despliegue más sencillo. Un ejemplo de cable de fibra para interior se puede visualizar en la Figura 17.

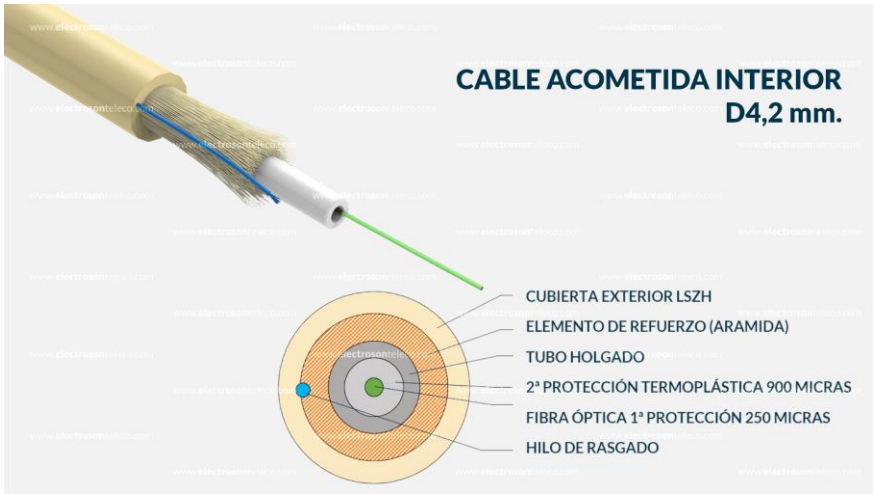


Figura 17. Cable interior diámetro 4.2mm [28].

- ***Conectores de Fibra Óptica.*** Son componentes esenciales que permiten la conexión de cables de fibra entre sí o con otros dispositivos, como transmisores o receptores. Su función principal es minimizar las reflexiones de señal, por lo que se utilizan terminaciones con fibra pulida que ayudan a reducir las pérdidas de señal. En general, se estima que cada conector puede causar una pérdida de aproximadamente 0,75 dB. Existen diferentes tipos de conectores, cada uno con sus aplicaciones específicas. Algunos de los más comunes son [26]:

- ST o BFOC: Son utilizados en redes de edificios y sistemas de seguridad, especialmente en redes más antiguas junto con los conectores SC.

- FC: Son adecuados para la transmisión de datos y telecomunicaciones.

- SMA: Se emplean en láseres industriales, aplicaciones militares y comunicaciones multimodo.

- MIC y FDDI: Se utilizan en redes de fibra óptica.

- SC y SC-Dúplex: Son ampliamente usados para la transmisión general de datos.

- LC y MT-RJ: Son ideales para transmisiones de alta densidad de datos debido a su tamaño más pequeño.

- Opti-Jack: Es un conector dúplex (que soporta 2 fibras) similar a los conectores RJ, utilizados comúnmente en aplicaciones de transmisión de datos.

- SMI: Es un conector más reciente, compatible con varios tipos de fibras, utilizado para mejorar la flexibilidad en las conexiones.

- VF-45: Este conector está diseñado para optimizar el contacto entre las fibras, y se ha establecido como un estándar en aplicaciones de fibra óptica.

- MU: Es una versión más pequeña del conector SC, ideal para aplicaciones donde el espacio es limitado.

- Conectores Array: Se utilizan cuando es necesario conectar más de dos fibras, facilitando la gestión de múltiples conexiones en un solo conector.

A continuación, en la Figura 18 se muestra algunos de los conectores anteriormente mencionados.



Figura 18. Conectores Fibra Óptica [29].

- ***Herrajes y Soportes.*** Componentes fundamentales en la instalación y mantenimiento de redes de fibra óptica, ya que aseguran la correcta sujeción, suspensión y protección de los cables en diversas configuraciones. A continuación, se muestra algunos de los más comunes:

Herraje de Suspensión Tipo D

Ideal para tendidos en postes en tramos cortos, ofreciendo una instalación sencilla y segura.

Herraje de Tensión ADSS

Destinado a soportar la tensión axial y distribuir uniformemente la tensión radial, garantizando una sujeción segura sin dañar el cable, este herraje se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Herraje de Tensión ADSS [30].

Herraje de Tensión OPGW

Diseñado para conexiones en ángulo, uniones intermedias o terminales, ofreciendo resistencia y durabilidad, véase la Figura 20.



Figura 20. Herraje de Tensión OPGW [30].

Herraje de Suspensión OPGW

Está diseñado con una doble capa para proporcionar un soporte robusto y eficiente. La abrazadera utilizada en este herraje es altamente resistente, e incluye varillas de refuerzo tanto exteriores como internas para asegurar la estructura como se muestra en la Figura 21.

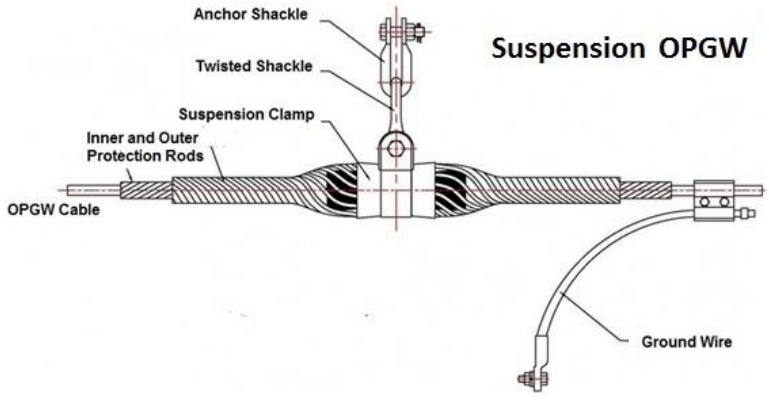


Figura 21. Herraje de Suspensión OPGW [30].

Herraje de Suspensión ADSS

Diseñado para instalar el cable ADSS en postes ubicados en línea recta, evitando que se concentren tensiones y esfuerzos de flexión en el cable como se muestra en la Figura 22. La abrazadera de tangente desempeña un papel clave al proteger el cable de daños y ayudar a reducir las vibraciones que puedan afectar su rendimiento.

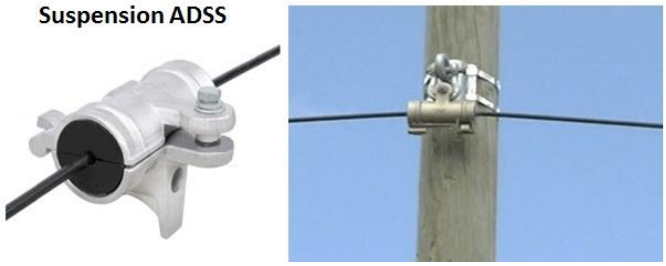


Figura 22. Herraje de Suspensión ADSS [30].

- ***Acopladores Ópticos.*** Los acopladores de fibra óptica son dispositivos pasivos que permiten conectar tres o más fibras ópticas. Se utilizan principalmente para distribuir señales entre múltiples terminales, ya sea para enviar una señal desde un transmisor a varios receptores o viceversa, garantizando que la señal transmitida sea suficientemente fuerte en todos los puntos de recepción. Entre los que los más conocidos son los en estrella, en T, los direccionales y los divisores, algunos de ellos aparecen en la Figura 23 [8].

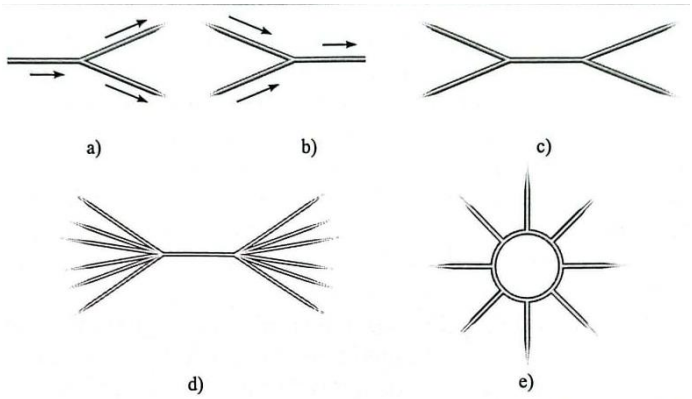


Figura 23. Tipos de acopladores ópticos a) y b) dos ramas c) cuatro ramas d) y e) múltiples ramas [8].

Acopladores en T o de tres y cuatro ramas

Estos acopladores son ampliamente utilizados y su función es dividir la señal proveniente de una fibra hacia dos o más fibras de salida. El diseño más sencillo es el que presenta las fibras alineadas de forma que la señal se distribuye entre ellas. En algunos modelos, se utiliza un espejo semitransparente para ajustar la distribución de la señal, logrando diferentes proporciones de potencia en las salidas como se muestra en la Figura 24. Las pérdidas en estos acopladores suelen estar entre 1 y 2 dB. Además,

en algunos casos, se utilizan lentes GRIN para colimar la luz y redirigirla a las fibras de salida véase la Figura 25.

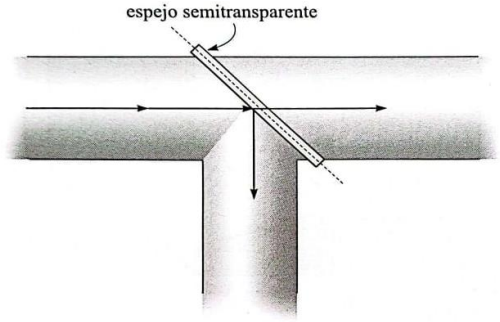


Figura 24. Esquema de un acoplador en T o 3 ramas [8].

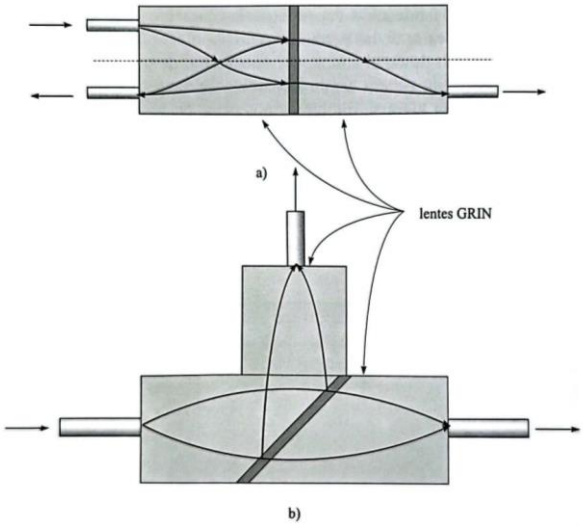


Figura 25. Acopladores de tres ramas basados en el uso de lentes GRIN [8].

Estos acopladores se pueden obtener mediante la fusión de dos fibras, que se mantienen en contacto a lo largo de una distancia determinada. Cuando se aplica calor, las fibras se estiran y se fusionan, creando un acoplador de cuatro ramas. En este caso, la señal se divide entre dos ramas de entrada y dos de salida. Las pérdidas y el porcentaje de distribución de la potencia se calculan utilizando las ecuaciones (Ecuación 8, Ecuación 9 y Ecuación 10) que especifican la nomenclatura de la Figura 26:

$$\boldsymbol{P_{totales} = 10 * log\left(\frac{P_1}{(P_3 + P_4)}\right) dB} \qquad (8)$$

$$P_{inserción} = 10 * log\left(\frac{P_1}{P_4}\right) dB \quad (9)$$

$$Diafonía = 10 * log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) dB \quad (10)$$

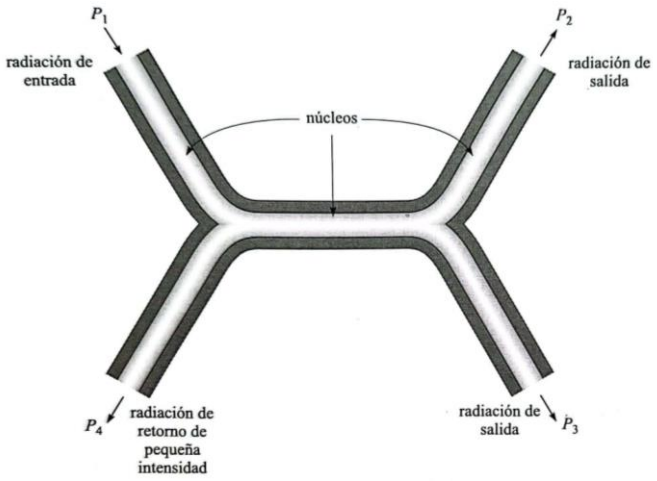


Figura 26. Acopladores de tres ramas por fusión de dos fibras [8].

Acopladores en estrella

Los acopladores en estrella se utilizan para conectar múltiples ramas de entrada y salida. En estos, las fibras se fusionan en un diseño que permite repartir la potencia entre varias salidas. Para un acoplador ideal, la potencia se divide equitativamente entre todas las ramas de salida, y las pérdidas se calculan utilizando la Ecuación 11:

$$P_{división} = 10 * log(N)\, dB \quad (11)$$

En muchos casos, se utilizan configuraciones más complejas que combinan varios acopladores 2x2 o equivalentes, dispuestos en serie, para conseguir el número de entradas y salidas requerido.

- ***Splitters Ópticos.*** Es un dispositivo pasivo que divide y distribuye la señal de la fibra óptica entre múltiples usuarios conectados a un mismo puerto de la OLT (Optical

Line Terminal). Su uso permite implementar una arquitectura de red punto a multipunto, donde una única fibra se divide para atender a varios clientes [31].

Niveles de Splitting

En las redes FTTH (Fiber To The Home), se utilizan comúnmente dos niveles de splitting:

- Primer Nivel: Generalmente utiliza un splitter de 1:4, que divide la señal en cuatro salidas.
- Segundo Nivel: Usa un splitter de 1:16, permitiendo el servicio a dieciséis clientes. Esta configuración es la más comúnmente empleada por los operadores.

Tipos de Splitters

Los splitters se clasifican en dos tipos principales según la técnica de fabricación:

- FBT (Fused Biconical Taper): Son más económicos y simples de fabricar, pero ofrecen menor confiabilidad y tasas de fallo más altas.
- PLC (Planar Lightwave Circuit): Son más fiables y permiten una mayor tasa de división, siendo los más utilizados en la actualidad.

Pérdidas de Potencia

Cada vez que se realiza una división en un splitter, se experimenta una pérdida de señal de 3 dB por cada etapa de división. Por lo tanto:

- Splitter 1:2: Pérdida de 3 dB.
- Splitter 1:4: Pérdida de 6 dB.
- Splitter 1:8: Pérdida de 9 dB.
- Splitter 1:16: Pérdida de 12 dB.
- Splitter 1:32: Pérdida de 15 dB.
- Splitter 1:64: Pérdida de 18 dB.

- Splitter:128: Pérdida de 21 dB.

Características Técnicas

- Longitud de Onda de Operación: Rango en el que opera, por ejemplo, 1260 nm a 1650 nm para splitters PLC.

- Pérdidas de Inserción: Pérdidas totales al insertar el dispositivo en la red, que incluyen pérdidas por división y pérdidas internas del dispositivo.

Aplicaciones en Redes FTTH

El diseño de redes FTTH considera generalmente dos splitters para la división de la señal, uno en el primer nivel y otro en el segundo nivel, con el objetivo de maximizar la eficiencia en la distribución de la señal.

- ***Empalmes de Fibra Óptica.*** Son conexiones entre fibras que se realizan de forma permanente o semipermanente. Se utilizan principalmente en situaciones donde las fibras están rotas o para extender un tramo de fibra, manteniendo las mínimas pérdidas posibles, que generalmente se estiman en 0,3 dB por empalme [26].

Los problemas iniciales en un empalme, como se observa en la Figura 27, incluyen desalineamientos de los núcleos de las fibras, incluso si las cubiertas exteriores coinciden, o falta de paralelismo entre las caras de las fibras. Estos problemas representan la situación inicial antes de realizar el empalme. Sin embargo, los resultados finales difieren drásticamente entre los métodos. En el empalme mecánico, los problemas tienden a ser similares a los que se encuentran en los conectores, mientras que el empalme por fusión tiene resultados más específicos de esta técnica, que no se encuentran con otros métodos. Por esta razón, se estudiarán ambos métodos por separado, con un enfoque especial en el empalme por fusión, debido a su particularidad y alta efectividad [8].

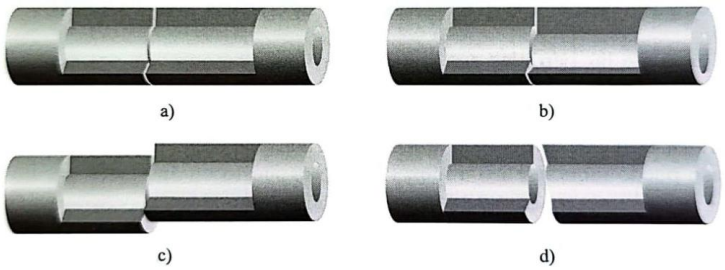


Figura 27. Posibles desajustes de los extremos de dos fibras [8].

Los dos métodos principales para realizar empalmes y cada uno con diferencias descritas a continuación [8]:

Empalme por Fusión

Es considerado el más estable, ya que la parte soldada tiene características similares a la fibra original, lo que mejora la calidad de la transmisión. En este método, los extremos de las fibras se colocan en posicionadores, donde se alinean bajo un microscopio (Figura 28). Luego, se utiliza un arco eléctrico o un láser para fundir los extremos y unir las fibras. Si se hace con cuidado, las pérdidas en este tipo de empalme pueden ser tan bajas como 0,06 dB. Sin embargo, si hay desajustes iniciales, como una curvatura o discontinuidad en los núcleos, las pérdidas de señal pueden ser significativas. Para asegurar una buena unión, algunos equipos comerciales verifican la calidad de la fusión inyectando luz en una fibra y midiendo la señal recibida en la otra antes de proceder a la fusión (Figura 29).

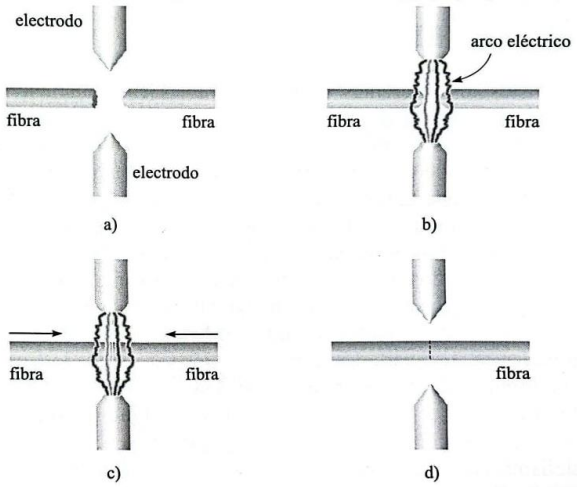


Figura 28. Empalme por fusión de fibras ópticas [8].

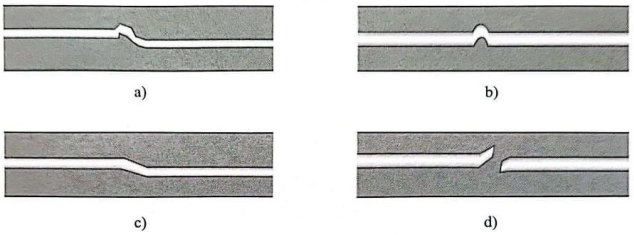


Figura 29. Efecto de los desajustes de la Figura 27 en empalmes realizados por fusión [8].

Empalme Mecánico

Se basa en la preparación de los extremos de las fibras y su colocación en un soporte físico. El soporte puede tener una acanaladura en V (Figura 30.a) o pequeños orificios cónicos para colocar las fibras de manera alineada (Figura 30.b). En el primer caso, los extremos se insertan en un soporte ligeramente más pequeño que el diámetro de la fibra, lo que asegura que los núcleos de las fibras estén alineados. Luego, el empalme se fija y se puede sellar con pegamento para mantenerlo estable. En el segundo caso, las fibras se insertan en los orificios cónicos y se utiliza un líquido de ajuste de índice o pegamento para unirlas. Aunque los empalmes mecánicos pueden tener pérdidas similares a los de fusión, la calidad del resultado depende de la preparación de las fibras y la precisión del proceso.

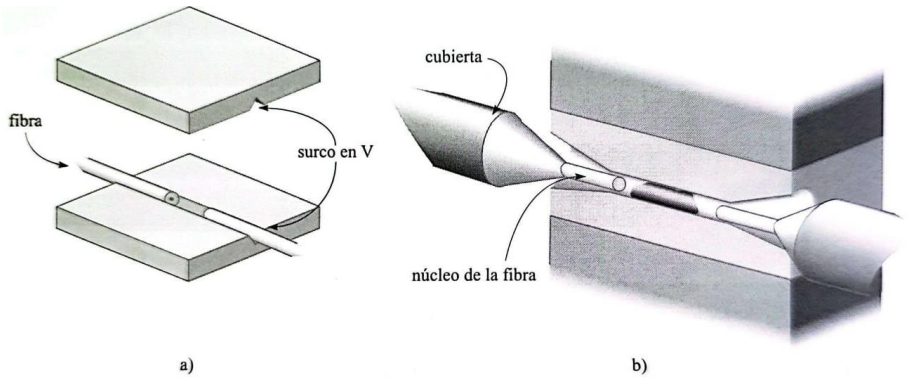


Figura 30. Formas de realizar empalmes por medios físicos, a) con un canal en V. y b) con canales en cono [8].

- ***Caja de empalme de Fibra Óptica.*** Son fundamentales en las redes de comunicación, ya que permiten unir cables de fibra óptica de diferentes secciones, tanto en redes exteriores como interiores. Estas cajas protegen las fibras ópticas y facilitan la soldadura de los cables, además de permitir la distribución de señales [32].

Las funciones clave de las cajas de empalme incluyen la sujeción de los cables, la protección de los empalmes y la organización de fibras sobrantes. Además, ofrecen espacios de almacenamiento para los cables, asegurando que se mantengan organizados y protegidos. Las cajas están diseñadas para ser resistentes al polvo y la humedad, algunas incluyen mecanismos de bloqueo para evitar el robo de los cables y se debe considerar los parámetros que se muestran en la Figura 31.



Figura 31. Parámetros al elegir una caja de empalme [19].

1.3.10 Tecnologías de Información y Comunicación (TIC)

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) comprenden herramientas, sistemas y recursos que facilitan el acceso, la gestión y la comunicación de información. Estas tecnologías son fundamentales para la economía digital, pues permiten la creación de servicios innovadores en áreas como la educación, la salud y los negocios. Su integración en las actividades cotidianas ha transformado la forma en que las personas interactúan y trabajan, habilitando la conectividad global y el acceso equitativo a recursos digitales esenciales [33].

a. Servicio de Internet

El servicio de internet es una de las tecnologías más influyentes del siglo XXI, al conectar a millones de personas con una red global que permite el acceso a información, comunicación y servicios digitales. Este servicio se ha convertido en el eje central de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), impulsando transformaciones en áreas como la educación, el comercio, la salud y el

entretenimiento. Además de proporcionar conectividad, el internet habilita el uso de plataformas de streaming, comercio electrónico y redes sociales, entre otros. La creciente demanda de acceso a internet refleja su papel fundamental en la economía digital y en la vida diaria de las personas, destacándose como una herramienta imprescindible para el desarrollo socioeconómico [34].

b. Regulación de los servicios de internet en el Ecuador

En Ecuador, varios organismos regulan los servicios de internet para garantizar el acceso, la calidad y la equidad en la provisión de estos servicios. Los principales organismos encargados de esta regulación son:

- ***Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia de las Telecomunicaciones (ARCOTEL).*** Es el principal organismo encargado de regular, controlar y vigilar los servicios de telecomunicaciones, incluidos los servicios de internet. Su función principal es garantizar la competencia en el mercado de las telecomunicaciones, proteger los derechos de los usuarios, promover el acceso universal a los servicios de telecomunicaciones, y asegurar que los proveedores de internet cumplan con las normativas establecidas [35].

- ***Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL).*** Esta entidad supervisa el cumplimiento de la ley en las telecomunicaciones y protege los derechos de los usuarios. SUPERTEL se encarga de resolver quejas y denuncias de los consumidores, verificar la calidad de los servicios prestados, y garantizar que los proveedores de servicios de internet respeten las condiciones contractuales y los estándares técnicos establecidos [36]**.**

- ***Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL).*** El MINTEL tiene como misión promover el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones y la inclusión digital en el país. Su función incluye la formulación de políticas públicas para mejorar la cobertura de internet y otros servicios digitales, y el fomento de la sociedad de la información y el conocimiento en Ecuador [37].

- ***Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT).*** Empresa pública ecuatoriana que desempeña un papel clave en la reducción de la brecha digital en el país. A través de sus servicios de internet, televisión, telefonía móvil y fija, la CNT llega a sectores remotos donde otras compañías no tienen cobertura, proporcionando acceso a soluciones de telecomunicaciones de alta calidad [38].

c. Modalidades de acceso a internet

Los modelos de acceso a internet varían en función de la tecnología empleada y las necesidades de conectividad de los usuarios. El acceso fijo utiliza tecnologías como la fibra óptica, DSL o cable coaxial, garantizando una conexión estable y de alta velocidad ideal para aplicaciones domésticas y empresariales [39].

- ***Acceso fijo:*** Utiliza tecnologías como fibra óptica, DSL o cable.
- ***Acceso móvil:*** Basado en redes 4G y 5G.
- ***Acceso satelital:*** Ideal para zonas rurales o remotas.

d. Calidad de experiencia (QoE)

Evalúa la percepción subjetiva de los usuarios respecto al servicio de internet, considerando factores como la velocidad de navegación, la estabilidad de la conexión y la accesibilidad a los servicios. Esta métrica es clave para entender cómo las personas valoran el servicio recibido y cómo impacta en su vida cotidiana. La QoE no solo mide el desempeño técnico, sino también la satisfacción del usuario, siendo un indicador crucial para mejorar los servicios y fidelizar clientes [40].

e. Calidad del servicio (QoS)

Es una medida objetiva del rendimiento técnico de los servicios de internet. Se basa en parámetros como el ancho de banda disponible, la latencia, la tasa de pérdida de paquetes y la estabilidad de la conexión. Una buena QoS es fundamental para asegurar que los usuarios puedan realizar sus actividades en línea de manera eficiente y sin interrupciones, fortaleciendo así la confianza en la infraestructura de telecomunicaciones [40].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar la viabilidad para la expansión del servicio de internet por fibra óptica en la parroquia Belisario Quevedo para Inpronet Ingeniería Cía. Ltda.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el estado actual de las zonas de cobertura de la empresa.
- Identificar las necesidades de los potenciales usuarios de servicios de internet para la demanda de servicios de alta velocidad.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica de la implementación de la tecnología GPON en la parroquia Belisario Quevedo.
- Proponer un plan de expansión basado en los resultados del análisis de viabilidad técnica y económica.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Se utilizaron diversos materiales e insumos que permitieron la recolección de datos, análisis y presentación de resultados. Entre los insumos utilizados, se ocuparon fichas y documentos estadísticos proporcionados por el INEC, que fueron fundamentales para el análisis demográfico y social de la parroquia Belisario Quevedo. Se incorporó también planos prediales, tanto urbanos como rurales, que permitió una mejor comprensión de la distribución geográfica de la zona de estudio. En cuanto al software, se empleó AutoCAD para el diseño de redes de fibra óptica, Google Forms para la recopilación eficiente de información de encuestas y Excel para el procesamiento y análisis de datos numéricos. Además, el uso de normativas que proporcionó las directrices y regulaciones necesarias para asegurar el cumplimiento de los estándares para expansión del servicio de internet por fibra óptica. Estos materiales fueron fundamentales para el desarrollo del estudio.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

En el presente trabajo se realizó una investigación aplicada para implementar conocimientos técnicos en el área de telecomunicaciones, específicamente en redes de fibra óptica y la gestión de proyectos para el desarrollo de un plan que permita la toma de decisiones que beneficien a la empresa Inpronet Ingeniería Cía. Ltda.

Para sustentar el desarrollo del proyecto, se llevó a cabo una investigación bibliográfica para análisis de literatura y documentación relevante, por lo cual se incluyó artículos científicos, libros especializados en redes, estudios de mercado y estadísticas de tecnologías de información.

La investigación de campo permitió la recolección directa de datos en Belisario Quevedo para la determinación de la demanda de los servicios de internet existente y

se documentaron las condiciones técnicas del área, se verificó la disponibilidad de recursos para la expansión.

2.2.2 Población y muestra

La población de estudio corresponde a siete mil trescientos un habitantes de Belisario Quevedo, de acuerdo con el Censo realizado en 2022, según datos oficiales del INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) contenidos en el Anexo A. Se trató de una población finita, dado que estuvo definida por el número de personas que residen en dicha área. La información obtenida de esta población permitió conocer el grado de demanda y las características del mercado potencial.

Dado que no fue necesario incluir a toda la población, se seleccionó un subgrupo representativo de la misma para llevar a cabo el análisis de la demanda.

$$\boldsymbol{n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{E^2\ (N-1) + Z^2 * P * Q}}$$

Donde

n: Número de elementos de la muestra.

N: Número de elementos del universo, acorde a datos oficiales de la Parroquial.

$P\ y\ Q$: Probabilidades con las que se presenta el fenómeno, teniendo en cuenta el caso favorable de 50 para Q y P.

Z^2: Valor crítico correspondiente al nivel de confianza elegido. Siempre se utiliza el valor sigma 2, por ende, Z = 2.

E: Margen de error permitido (establecido por el director del estudio).

La muestra se calculó como se muestra en la Tabla 3, se realizó utilizando fórmulas estadísticas que consideraron el tamaño de la población, con un margen de error del 3% al 5% para intervalos de confianza de 2 = 95.5%. Se optó por un muestreo estratificado, que permitió representar los usuarios de Belisario Quevedo. Este enfoque garantizó que la muestra sea representativa y que los resultados obtenidos fueron

válidos para la toma de decisiones sobre la expansión de la red de fibra óptica en el área.

$$n = \frac{2^2 * 0{,}50 * 0{,}50 * 7301}{E^2\ (7301 - 1) + 2^2 * 0{,}50 * 0{,}50}$$

Tabla 3. Tamaño de muestra con relación al margen de error

Tamaño de población	**Porcentaje de Error**		
	+/- 3%	+/- 4%	+/- 5%
7301	964,46	575,79	379,27

El margen de error seleccionado por parte de la empresa fue del 5%, por cual la aplicación de las encuestas es a 379 personas, es prudente este porcentaje debido que está dentro del rango que se debe utilizar para alcanzar un nivel de confianza viable.

2.2.3 Recolección de información

Se presenta la Tabla 4 que proporciona un resumen claro de cómo se organizó la recolección de información para el proyecto de investigación, estos son puntos clave para tener en cuenta.

Tabla 4. Criterios de recolección de información

Criterio	**Descripción**
¿Para qué?	Para analizar la expansión de la empresa.
¿De qué personas u objetos?	Del servicio actual en la parroquia y posibles usuarios.
¿Cómo?	A través de análisis de datos, encuestas e inspección de infraestructura.
¿Con qué?	Con estudios técnicos, de mercado y económicos.
¿Cuándo?	En el periodo marzo- julio 2025
¿Dónde?	En Latacunga, parroquia Belisario Quevedo

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos se llevó a cabo mediante una serie de pasos estructurados para asegurar la precisión y validez de los resultados.

- Análisis del estado actual y evaluación técnica de la empresa.

- Investigación sobre necesidades y expectativas de potenciales clientes.
- Planificación técnica y económica del proyecto.
- Diseño y propuesta del proyecto.

a. Tabulación de encuesta realizada

Para la recolección de información se implementó la encuesta a los habitantes de Belisario Quevedo, con el formato que se muestra en el Anexo B y con sus respectivas evidencias en el Anexo C.

- ***Pregunta 1: ¿Cuál es su zona de residencia en la parroquia?***

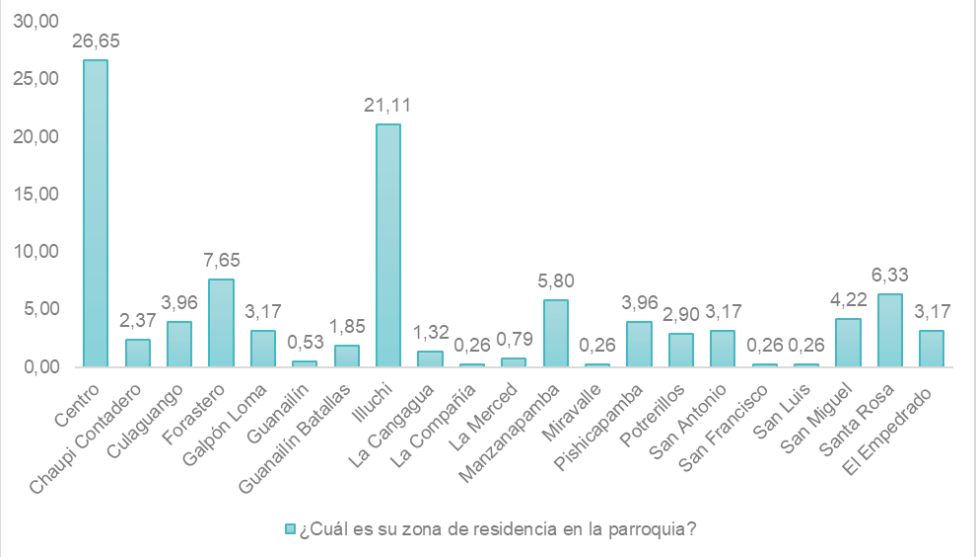


Figura 32. Tabulación pregunta 1.

La mayoría de los encuestados se encontraron en el Centro de la parroquia (26,65%) y en Illuchi (21,11%), lo que indicó que estas zonas tienen la mayor concentración de población dentro de la muestra. Esto sugiere que son áreas prioritarias para la expansión del servicio. Otras zonas como Santa Rosa (6,33%) y Forastero (7,65%) también presentaron una cantidad considerable de personas, lo que justifica su inclusión en la fase de la expansión. Zonas como Manzanapamba (5,80%), Pishicapamba (3,96%) y Culaguango (3,96%) tuvieron una demanda moderada, mientras que las zonas con menor concentración de personas, como Guanailín, La Compañía, La Merced, Miravalle, San Francisco y San Luis presentaron una menor

relevancia en esta fase inicial. Este análisis reflejó la distribución geográfica de los encuestados y no la aceptación o interés en el servicio, por lo cual el resto de las preguntas fueron clave para definir los posibles clientes.

- ***Pregunta 2: ¿Actualmente cuenta con servicio de internet en su hogar?***

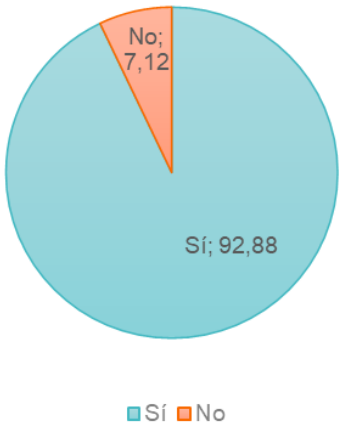


Figura 33. Tabulación pregunta 2.

El alto porcentaje de personas con acceso a Internet (92,88%) indicó que la mayoría de los hogares en la parroquia ya están familiarizados con el servicio y podrían estar interesados en alternativas con mejor calidad del servicio. A pesar de que solo un pequeño porcentaje (7,12%) no tiene acceso a Internet, por lo cual es una oportunidad importante para ofrecer una solución que proporcione conectividad confiable y de alta calidad en esas áreas. En la expansión del servicio fue importante considerar tanto a los usuarios actuales que buscan mejorar su experiencia como a los hogares que actualmente no cuentan con conexión.

- ***Pregunta 3: Si respondió "Sí", ¿qué proveedor utiliza?***

La mayoría de los encuestados con acceso a Internet utilizan proveedores como Color Net (21,59%), Ajnet (15,91%) y Speedy (12,50%). Con lo cual se identificó que hay una fuerte competencia en la zona, pero también una oportunidad para ofrecer un servicio de que supere a los proveedores actuales en velocidad, estabilidad y calidad del servicio independientemente de la acogida de cada competidor.

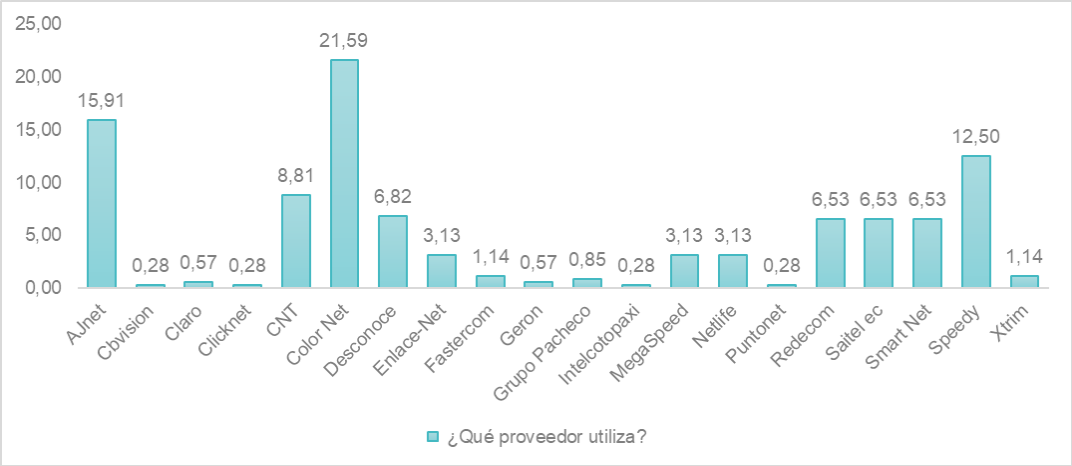


Figura 34. Tabulación pregunta 3.

- ***Pregunta 4: Si respondió "No", ¿cuál es la razón principal por la que no tiene internet?***

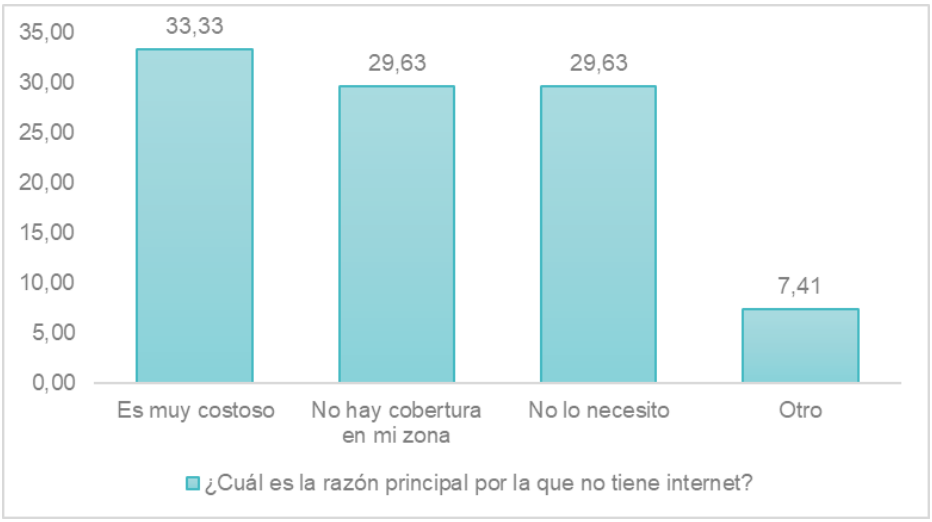


Figura 35. Tabulación pregunta 4.

La principal razón por la que los hogares no tienen acceso a Internet es el alto costo del servicio, mencionado por el 33,33% de los encuestados. Lo que es una oportunidad clave para la oferta de un servicio más accesible y con precios competitivos. Así también el 29,63% indicó la falta de cobertura en algunas zonas es una barrera, lo que sugiere una oportunidad para expandir la infraestructura en áreas rurales o periféricas y contar con posibles clientes a los habitantes de estas zonas. Por otro lado, el 29,63% que no necesita Internet en su mayoría estuvo relacionado con la falta de interés, especialmente en adultos mayores que no hacen uso de esta tecnología. En general, los

resultados mostraron una apertura para expandir el servicio de fibra óptica, priorizando zonas sin cobertura y ofreciendo precios competitivos.

- ***Pregunta 5: Si no tiene internet, ¿le interesaría adquirir un servicio de internet de fibra óptica en su hogar?***

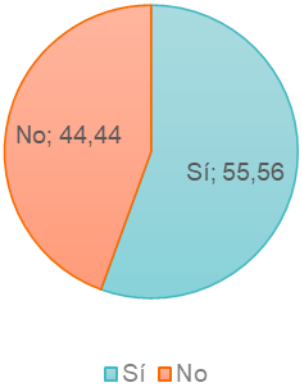


Figura 36. Tabulación pregunta 5.

Partiendo de la muestra, se realizó esta pregunta únicamente a las personas que no tienen internet, siendo el 55,56%. Este porcentaje expresó interés en adquirir un servicio, lo que demuestra que existe una demanda potencial significativa en estas áreas para el servicio de internet. Esto indicó que una buena parte de los hogares sin Internet estaría dispuesta a adoptar este servicio si se ofrece a precios competitivos y con una propuesta de valor clara. Por otro lado, el 44,44% que no estuvo interesado se debe a que están satisfechos con planes de telefonía móvil o son adultos mayores que no necesitan de esta tecnología. Estos resultados refuerzan la viabilidad de la expansión en áreas sin acceso a Internet, especialmente si se aborda de manera efectiva la preocupación por los costos.

- ***Pregunta 6: ¿Para qué actividades utiliza el internet en su hogar?***

La educación en línea fue la actividad más común para el uso de Internet en el hogar, según el 39,80% de los encuestados que indicaron utilizar el servicio con este propósito. El 24,46% usa Internet para trabajo o negocios, se debe tener en cuenta la necesidad de un servicio confiable para actividades como videoconferencias y comunicaciones corporativas. El entretenimiento es importante para el 22,29%, lo que resaltó la demanda de un servicio rápido y estable para plataformas de streaming y

juegos en línea. Aunque menos común, el 13,46% usó Internet para comunicarse a través de correos electrónicos y aplicaciones de mensajería, lo que representó una oportunidad para ofrecer un servicio que cubra las necesidades de usuarios de alto rendimiento.

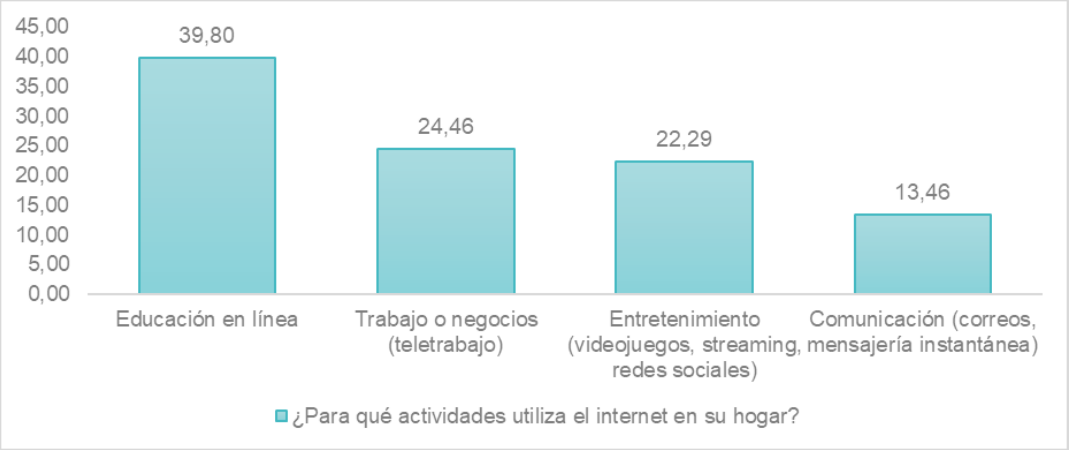


Figura 37. Tabulación pregunta 6.

- ***Pregunta 7: ¿Con qué frecuencia sufre interrupciones en el servicio de internet?***

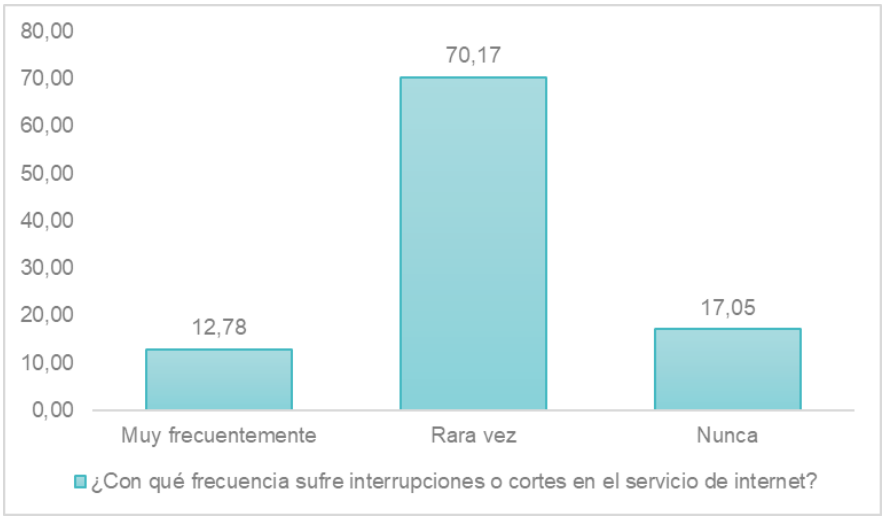


Figura 38. Tabulación pregunta 7.

La mayoría de los encuestados (70,17%) experimentaron interrupciones rara vez, lo que sugiere que, aunque no se trata de un problema constante, existe una oportunidad para mejorar la estabilidad del servicio, especialmente en zonas donde la infraestructura no es óptima. Además, el 12,78% que experimentó interrupciones muy frecuentes representa un segmento de clientes potenciales que estarían muy interesados en cambiar a un servicio de internet por fibra óptica, que garantice mayor estabilidad

y fiabilidad. La reducida proporción del 17,05% que no sufrió interrupciones probablemente esté satisfecha con su servicio actual y no tenga la necesidad de cambiarse de proveedor. Se puede ofrecer una calidad y mayor velocidad constante superando lo ofertado en el mercado y ganando relevancia entre los clientes de todos los proveedores.

- ***Pregunta 8: ¿Cómo califica la calidad del servicio de soporte técnico de su proveedor?***

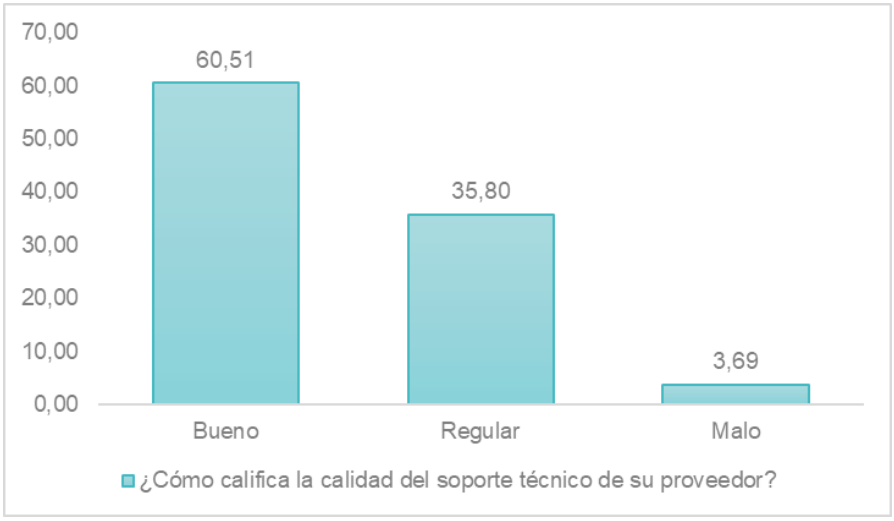


Figura 39. Tabulación pregunta 8.

La mayoría de los encuestados calificó el soporte técnico de su proveedor como bueno, con un 60,51% de satisfacción con la atención recibida, lo cual es positivo para los proveedores actuales y un reto para Inpronet Ingeniería Cía. Ltda. Exigiendo excelencia en todos sus servicios. El 35,80% consideró que el soporte técnico es regular, lo que indica que una parte significativa de los usuarios ha experimentado problemas con el soporte recibido, lo cual es una oportunidad clara para la empresa, ya que ofrecer un soporte superior atrae a estos usuarios insatisfechos. Un pequeño porcentaje 3,69% calificó como malo. Estos resultados representan una oportunidad clara para la empresa, ya que ofrecer un soporte confiable, accesible, más ágil, con tiempos de respuesta reducidos y una atención más personalizada podrá atraer a estos usuarios.

- ***Pregunta 9: ¿Cuánto paga actualmente por el servicio de internet?***

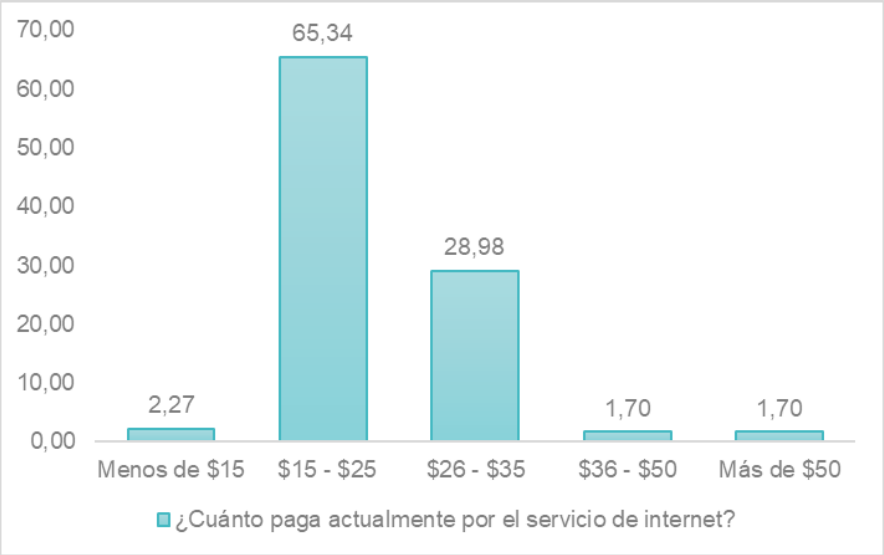


Figura 40. Tabulación pregunta 9.

La mayoría de los usuarios (65,34%) paga entre $15 y $25 por su servicio de Internet, este rango de precios es el más accesible y competitivo para gran parte de la población. Para la empresa, esto es una oportunidad para ofrecer planes atractivos y competitivos, especialmente si se puede mejorar la calidad en términos de velocidad y estabilidad. Se consideró que los usuarios que pagan más de $25 suelen tener paquetes que incluyen servicios adicionales, lo que podría representar una barrera competitiva si la empresa no ofrece un valor agregado. En términos generales, la empresa debería adoptar un modelo de precios flexible, orientado a distintos segmentos del mercado, con opciones que respondan a las diversas necesidades, niveles de ingreso y preferencias de los consumidores.

- ***Pregunta 10: ¿Cuántas megas es su servicio de internet?***

Para Inpronet Ingeniería Cía. Ltda., una estrategia efectiva podría ser ofrecer velocidades superiores a las que actualmente utilizan muchos usuarios, las velocidades de 100 Mbps o más parece ser una opción atractiva, especialmente para aquellos usuarios que actualmente tienen conexiones de menos de 50 Mbps (6,53%) y 50-100 Mbps (8,24%). Al ofrecer mayores velocidades y una mejor confiabilidad, se podrá atraer a estos usuarios, quienes buscan un servicio más rápido y estable.

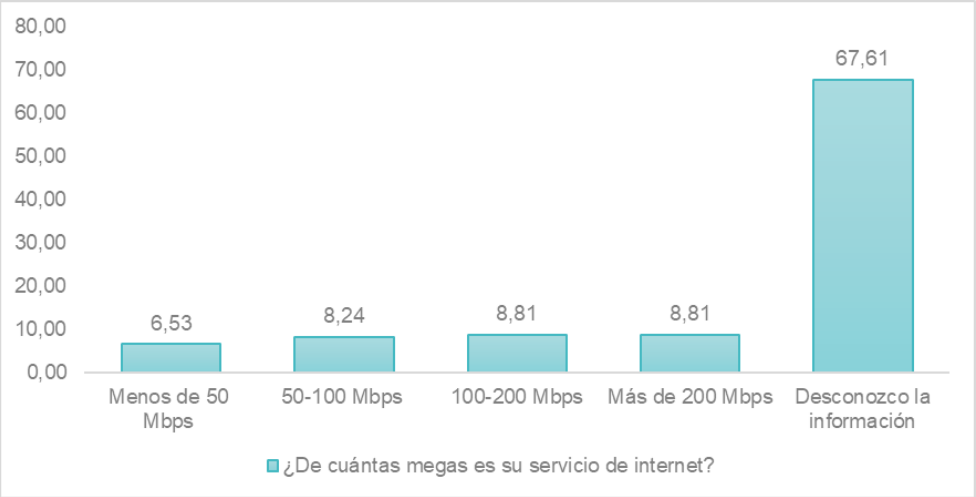


Figura 41. Tabulación pregunta 10.

El 8,81% de los usuarios con 100-200 Mbps también podría beneficiarse de un servicio premium, ya que muchos de ellos necesitan mayores velocidades. Además, los usuarios que ya disfrutan de más de 200 Mbps (8,81%) podrían encontrar atractivo un paquete premium que ofrezca velocidades altas a precios competitivos.

Sin embargo, la gran mayoría (67,61%) desconocía la cantidad de megas que tiene su servicio, esto es una oportunidad clave para educar a los usuarios, mediante estrategias de marketing educativo y demostraciones del servicio. Al aumentar la conciencia de marca e informar a los usuarios podría atraer a aquellos que buscan mejorar su servicio actual, creando una base de clientes más satisfechos y leales.

- ***Pregunta 11: ¿Considera que el precio que paga es adecuado para la calidad del servicio recibido?***

Aunque una mayoría significativa de los usuarios 69,32% está satisfecha con la relación entre precio y calidad del servicio actual, el 30,68% de los encuestados siente que lo que paga no justifica la calidad que recibe. Este grupo es una oportunidad para la empresa, ya que está abierto a cambiar de proveedor si se les ofrece un servicio que proporcione mejor valor por su dinero. Para ganar a este segmento, Inpronet Ingeniería Cía. Ltda. debe centrarse en ofrecer un servicio que no solo sea más rápido y confiable, sino también competitivo en precio.

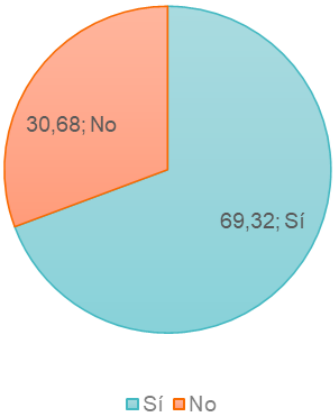


Figura 42. Tabulación pregunta 11.

- ***Pregunta 12: ¿Cuáles son los factores más importantes para usted al contratar un servicio de internet?***

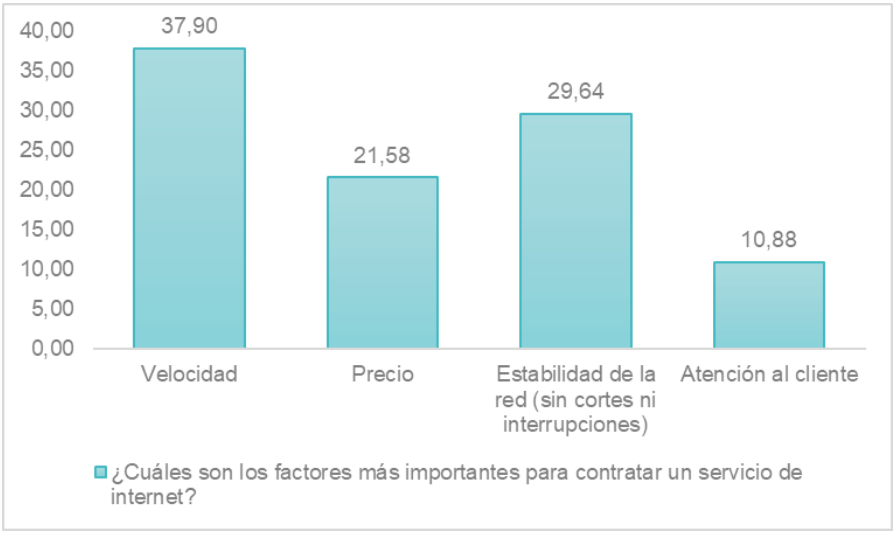


Figura 43. Tabulación pregunta 12.

Los encuestados consideraron que la velocidad (37,90%) y la estabilidad de la red (29,64%) son factores cruciales al contratar un servicio de Internet, por lo que la empresa debe ofrecer un servicio gran confiabilidad de velocidad y conexión. Aunque el precio también es un factor relevante (21,58%) para contratar el servicio, la atención al cliente también es importante pero menos prioritaria, lo que ofrecer un servicio al cliente excepcional puede ser una diferenciación adicional.

- ***Pregunta 13: ¿Cuántos dispositivos utilizan en su hogar para navegar en internet?***

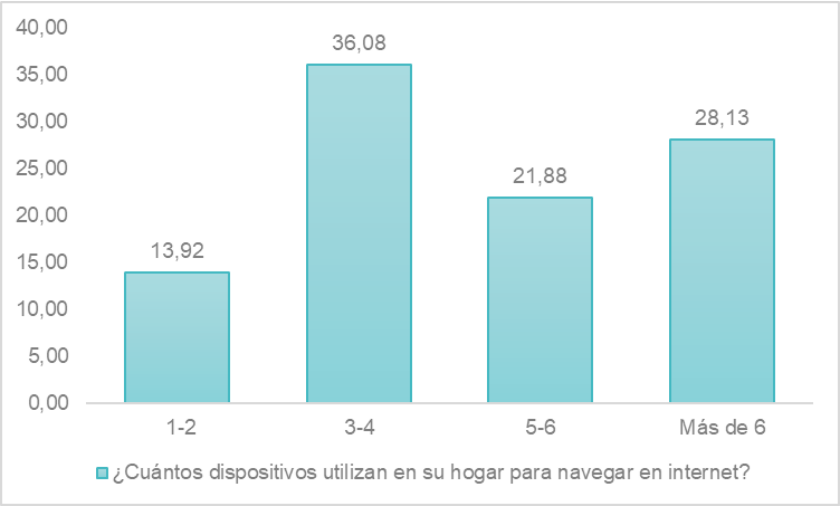


Figura 44. Tabulación pregunta 13.

El número de dispositivos conectados a Internet en los hogares de los encuestados varió significativamente. La mayoría de los hogares (36,08%) utiliza entre 3 y 4 dispositivos, y un 28,13% utiliza más de 6 dispositivos. Esto reflejó una alta demanda de ancho de banda, la empresa debe ofrecer un servicio que pueda manejar múltiples dispositivos conectados simultáneamente, sin sacrificar la calidad de la conexión. Los hogares con más de 6 dispositivos son especialmente relevantes, ya que requieren un servicio de alta velocidad y gran estabilidad.

- ***Pregunta 14: ¿Cuál es su método de pago preferido para el servicio de internet?***

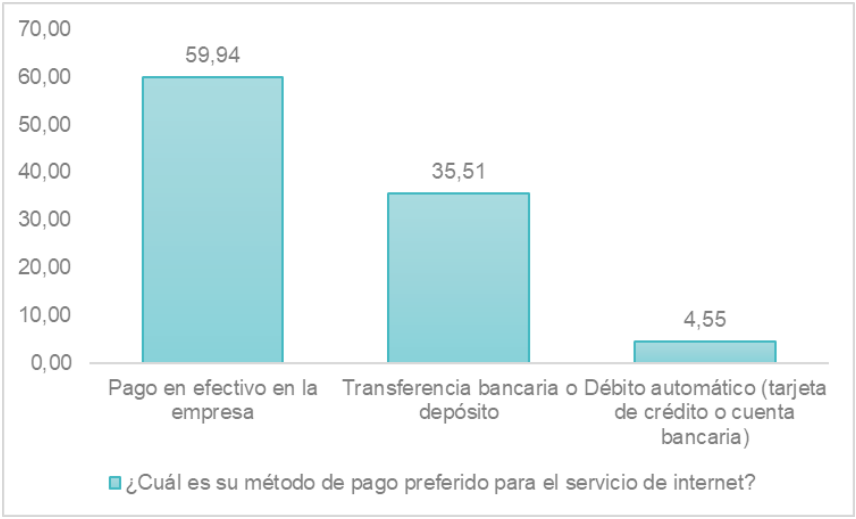


Figura 45. Tabulación pregunta 14.

La mayoría de los usuarios (59,94%) prefirió el pago en efectivo, lo que indicó que se debe ofrecer opciones de pago físicas en las oficinas de la empresa. Sin embargo, también es importante considerar la demanda creciente de pagos electrónicos, especialmente en transferencias bancarias (35,51%), lo que indica que la empresa debe fortalecer su infraestructura de pagos en línea. El pequeño grupo que prefirió el débito automático (4,55%) representa una oportunidad para ofrecer más comodidad y automatización en los pagos recurrentes. La empresa debe adaptarse a las preferencias de pago de los usuarios para garantizar una experiencia de pago fácil, lo que podría aumentar la satisfacción y la fidelización del cliente.

- ***Pregunta 15: ¿Ha considerado cambiar de proveedor de internet en los últimos 2 años?***

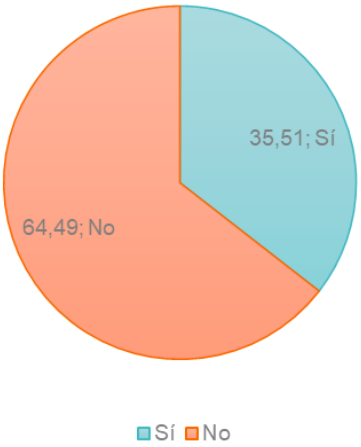


Figura 46. Tabulación pregunta 15.

Aunque todos los proveedores en el mercado ofrecen internet de fibra óptica, un 35,51% de los usuarios ha considerado cambiar de proveedor, existe una oportunidad significativa para la empresa de capturar clientes insatisfechos si puede ofrecer un servicio superior en términos de calidad de conexión, velocidades más altas o mejor atención al cliente. El 64,49% que no ha considerado cambiar, se muestra satisfecho con su proveedor actual, pero la empresa aún podría captarlos mediante ofertas atractivas o mejoras en la experiencia del cliente.

- ***Pregunta 16: ¿Por cuál o cuáles de los siguientes motivos cambiaría de proveedor?***

Los principales motivos para cambiar de proveedor son la velocidad de conexión (42,63%) y la estabilidad del servicio (26,27%), lo que resaltó la importancia de ofrecer un servicio que garantice altas velocidades y conexiones estables. Aunque el precio (18,66%) es un factor importante, no es el principal motivo para cambiar, lo que sugiere que los usuarios valoran más la calidad del servicio que el costo. La empresa puede aprovechar esta información para diferenciarse en el mercado y el pequeño porcentaje que menciona atención al cliente y soporte técnico indica que una experiencia de cliente excepcional podría ser una estrategia adicional para atraer usuarios insatisfechos.

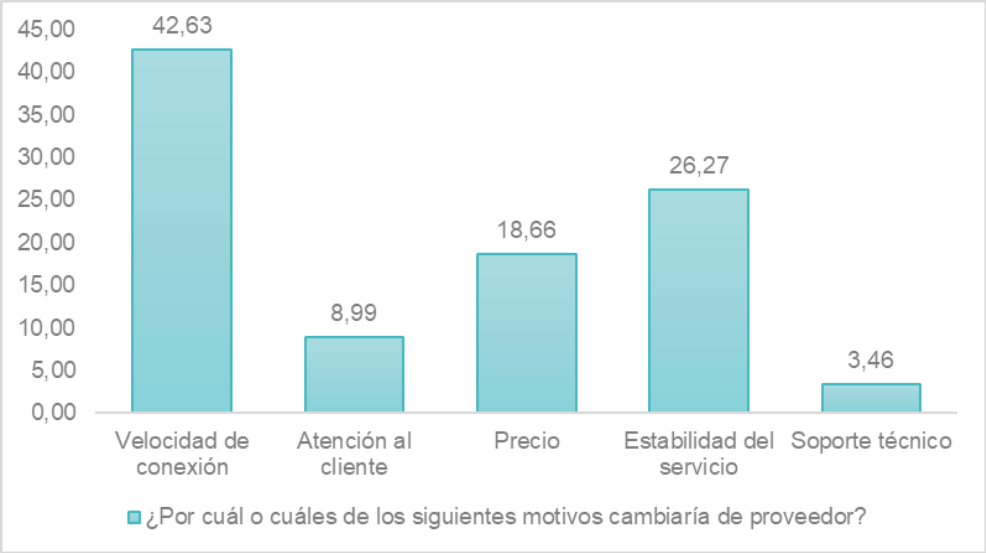


Figura 47. Tabulación pregunta 16.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Descripción de la Empresa

Inpronet Ingeniería Cía. Ltda. Es una empresa ecuatoriana con sede en el cantón Quero, dedicada a ofrecer soluciones tecnológicas integrales en múltiples áreas. Entre sus principales áreas de acción se encuentran las telecomunicaciones, redes, cableado estructurado, fibra óptica, proyectos de electrónica y electricidad, consultorías técnicas, seguridad electrónica, así como el mantenimiento y soporte de equipos informáticos. La empresa se destaca por su enfoque profesional, el uso de tecnología de vanguardia y su compromiso con el desarrollo tecnológico de la región.

Figura 48. Logo de la empresa [41].

3.1.1 Situación actual de la Empresa

Actualmente, Inpronet Ingeniería Cía. Ltda. opera en la zona de Quero, provee el servicio de fibra óptica a través de una red de distribución mixta. Esta red de distribución está compuesta por segmentos aéreos y subterráneos, considerando plan de ordenamiento del cantón. En sus inicios, la empresa ofrecía el servicio de internet de manera inalámbrica utilizando antenas, a pesar de la calidad de la infraestructura instalada, surgieron algunos problemas técnicos como equipos de distribución defectuosos y dificultades con la velocidad de la OLT (Optical Line Terminals) que afectaban la conectividad entre antenas, estos problemas fueron resueltos al implementar infraestructura con medios guiados, lo cual permitió ofrecer un servicio de internet de alta velocidad.

Los problemas relacionados con cortes de energía fueron un desafío recurrente debido a la problemática energética del país. Para reducir el impacto de este problema,

Inpronet realizó una inversión en sistemas de respaldo energético, como UPS para el nodo principal.

La empresa cumple con los estándares establecidos por ARCOTEL en cuanto a calidad de servicio y cumplimiento regulatorio. A nivel técnico, Inpronet sigue las normas de la CNT para la implementación de fibra óptica, lo que garantiza que sus instalaciones y servicios cumplen con los requisitos.

Inpronet invirtió en la infraestructura de Quero, y logró recuperar parte de esta inversión en un período de aproximadamente 3 años. Esta recuperación se vio favorecida especialmente por las mejoras en la infraestructura eléctrica, lo cual minimizó la afectación de los cortes de energía y con ello asegurando la continuidad del servicio. Por esta razón el crecimiento de la demanda se vio impulsado por el interés de la población al contar con un servicio confiable.

3.1.2 Misión

Brindar servicios y productos de la más alta calidad en base a un gran sentido de ética empresarial, el cual nos permita crear negocios confiables y seguros, impulsando el crecimiento de nuestra gente y creando valor para la sociedad [41].

3.1.3 Visión

Ser una empresa líder referente, capaz de brindar soluciones inmediatas y así lograr un futuro donde la tecnología esté al servicio, beneficio y desarrollo del hombre [41].

3.1.4 Planes ofertados por la Empresa

La empresa Inpronet Cía. Ltda. Ofrece una gama de planes de internet, tanto por fibra óptica como tecnología inalámbrica, diseñados para satisfacer las distintas demandas de conectividad en entornos residenciales y comerciales. Los planes disponibles compartidos varían desde velocidades de 150 Mbps hasta 500 Mbps. Cada paquete está estructurado para proporcionar una experiencia al usuario y adaptándose a diferentes requerimientos según la cantidad de megas contratados como se muestra en Tabla 5.

Tabla 5. Planes compartidos de internet ofrecidos por la empresa

Velocidad	Costo Mensual (incluye IVA)	Instalación
150 Mbps	$20,00	$0,00
200 Mbps	$23,00	$0,00
300 Mbps	$25,00	$0,00
400 Mbps	$30,40	$0,00
500 Mbps	$40,95	$0,00

3.2 Desarrollo de propuesta

3.2.1 Área de cobertura

El presente proyecto se desarrolló en la Parroquia Rural Belisario Quevedo, ubicada en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Esta parroquia cuenta con una extensión territorial de 37,93 km² y una densidad poblacional de 192,48 habitantes por km², según datos oficiales del INEC y del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Latacunga.

a. Delimitación Territorial

Belisario Quevedo es una zona predominantemente rural de la ciudad de Latacunga (Figura 49) y está delimitada de la siguiente manera[42]:

- ***Al norte:*** Colinda con la Parroquia Urbana Ignacio Flores del cantón Latacunga, dando inicio al encuentro entre los ríos Cutuchi e Illuchi, así como la Quebrada Santa Martha.

- ***En el sur:*** Se limita con el cruce del río Cutuchi e Isinche, dominio de la Universidad Central, Rumipamba de Navas, Guanailín San Pedro y toda la Quebrada Angahuayco hasta el Cerro Puctín del cantón Salcedo.

- ***En el este:*** También se conecta con la Parroquia Urbana Ignacio Flores en las comunidades de Unabana y Palopo, siguiendo una zanja alineada con la cumbre del Cerro Unabana y la acequia “Carrillos”, hasta el Cerro Puctín.

- ***En el oeste:*** Extiende sus fronteras con los ríos Cutuchi, Illuchi e Isinche.

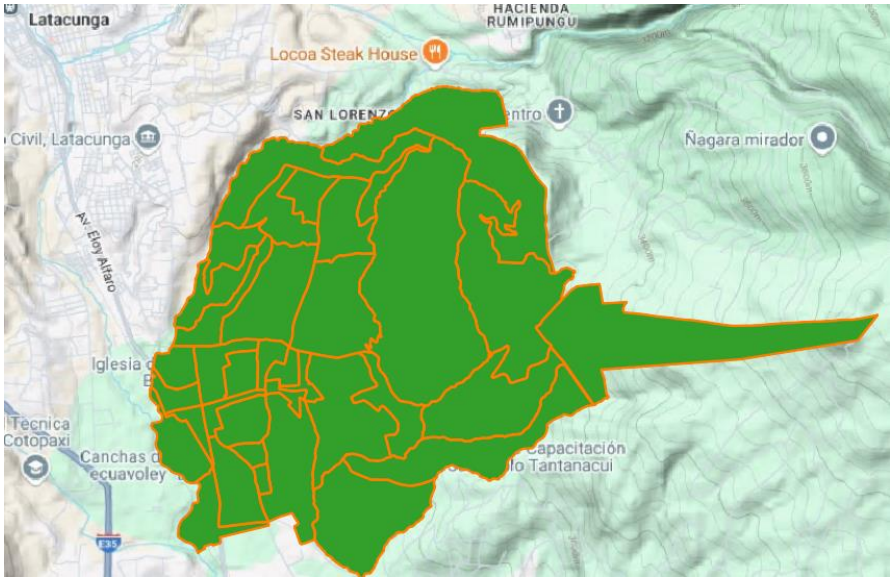


Figura 49. Límites de la Parroquia Belisario Quevedo.

La parroquia se compone de múltiples comunidades y barrios, detallados en la Tabla 6. Esta segmentación territorial resulta fundamental para dimensionar la demanda potencial del servicio en la zona, facilitando así una planificación de la infraestructura.

Tabla 6. CSC Barrios de la Parroquia [42]

No.	BARRIO/COMUNIDAD	NOMBRE
1	Barrio	Barrio Centro
2	Comunidad	Illuchi
3	Barrio	Forastero
4	Barrio	La Cangagua
5	Barrio	Guanailín Batallas
6	Barrio	Chávez Pamba
7	Barrio	San Miguel
8	Comunidad	Santa Rosa
9	Barrio	La Merced
10	Barrio	San Antonio
11	Comunidad	Potrerillos
12	Comunidad	Chaupi Contadero / San Lorenzo
13	Barrio	Miravalle
14	Barrio	San Luis
15	Barrio	San Francisco
16	Barrio	Culaguango Centro
17	Barrio	La Dolorosa
18	Barrio	La Compañía
19	Barrio	Manzanapamba
20	Barrio	Tunducama
21	Barrio	Pishicapamba
22	Barrio	Galpón Loma

b. Tecnología de acceso a internet

En la parroquia, el servicio de acceso a internet se ofrece a través de la tecnología GPON, la cual utiliza un método de conexión aérea para la distribución de la fibra óptica. Además, la adopción de esta tecnología respondió a las crecientes necesidades de los clientes, particularmente en el acceso a la educación a partir de la pandemia, cuando la conectividad se volvió esencial para las clases virtuales y el aprendizaje remoto.

3.2.2 Estudio de Mercado

Para esta sección se destacaron factores clave como la segmentación del mercado, la competencia, las preferencias y expectativas de los consumidores y las barreras actuales de acceso a internet en la zona.

a. Análisis de la demanda

La demanda identificada corresponde a una demanda insatisfecha, lo cual representa una oportunidad significativa para la implementación y expansión del servicio. A pesar de que Belisario Quevedo cuenta actualmente con la presencia de diversas empresas que ofrecen servicios de internet mediante fibra óptica, los datos recopilados evidenciaron que la satisfacción de los usuarios con dichos proveedores es limitada. Por lo tanto, existe un espacio para mejorar la oferta, optimizar la calidad y ajustar las tarifas, con el fin de cubrir las necesidades reales de los habitantes y ampliar la base de usuarios en la parroquia.

- ***Cobertura Actual.*** El 92,88% de los encuestados cuentan con servicio de Internet en el hogar, lo que evidencia una alta penetración de mercado en la parroquia Belisario Quevedo. Sin embargo, a pesar de este amplio acceso, existe un marcado interés por mejorar la calidad del servicio, lo cual abre la puerta a una expansión rentable si se ofrece una propuesta con mayor velocidad y estabilidad.

- ***Segmentación Geográfica.*** Las zonas con mayor concentración de población fueron el Centro de Belisario Quevedo e Illuchi, lo que las convierte en puntos clave para el análisis de expansión, porque la mayoría de los encuestados residen

en ellas. Otras zonas, como Forastero, Santa Rosa y Manzanapamba, también presentaron una demanda considerable, lo que podría justificar su inclusión en una fase de expansión. Mientras que Guanailín, La Compañía, La Merced presentan menor relevancia en esta fase inicial.

b. Competencia

- ***Proveedores Principales***. Los competidores identificados en la parroquia son Color Net, Ajnet y Speedy, empresas que ofrecen servicios de internet mediante fibra óptica. Aunque estas empresas cuentan con una presencia consolidada, la competencia se mantiene activa en aspectos clave como mayores velocidades, estabilidad de conexión y tarifas competitivas. Si Inpronet logra brindar un servicio de calidad superior que satisfaga las expectativas actuales de los usuarios, puede posicionarse en el mercado.

- ***Problemas de los Proveedores Actuales.*** Los usuarios consideraron que el precio no justifica la calidad del servicio recibido, lo que representa una oportunidad clara para ofrecer mejor calidad a precios competitivos. Además, el 35,51% de los encuestados ha considerado cambiar de proveedor, lo que subraya la insatisfacción general con los servicios actuales. Los resultados, tabulados en la ***Tabla 7***, reflejan las interrupciones en el servicio de internet de cada proveedor.

Proveedores como Color Net presentó el porcentaje más alto de interrupciones frecuentes con un 3,69% y un 15,06% indicando interrupciones “rara vez”. Asimismo, Speedy y CNT mostraron porcentajes notables de usuarios que sufren interrupciones frecuentes, con 1,42% y 1,70% respectivamente. Ajnet ofrece un buen servicio, lo cual hace que sea un competidor muy sólido dentro del mercado.

Este análisis, basado en la experiencia reportada por distintos clientes de cada proveedor, evidencia que, aunque la mayoría de los competidores ofrece servicios de internet, existen diferencias significativas en la estabilidad y calidad del servicio.

Tabla 7. Frecuencia de interrupciones por Proveedor

Proveedor del Servicio	Muy frecuentemente (%)	Rara vez (%)	Nunca (%)
Ajnet	1,99	2,27	11,65
Cbvision	0,00	0,28	0,00
Claro	0,00	0,28	0,28
Clicknet	0,00	0,00	0,28
CNT	1,70	6,82	0,28
Color Net	3,69	15,06	2,84
Enlace-Net	0,28	1,14	1,70
Fastercom	0,00	1,14	0,00
Geron	0,00	0,57	0,00
Grupo Pacheco	0,28	0,00	0,57
Intelcotopaxi	0,28	0,00	0,00
MegaSpeed	0,00	2,27	0,85
Netlife	0,00	1,14	1,99
Puntonet	0,00	0,28	0,00
Redecom	1,42	3,98	1,14
Saitel ec	0,28	5,40	0,85
Smart Net	1,14	0,57	4,83
Speedy	1,42	8,81	2,27
Xtrim	0,57	0,57	0,00

- ***Motivos de Cambio de Proveedor.*** Los principales motivos de cambio en los encuestados fueron la velocidad de conexión, estabilidad del servicio y precio.

Estos aspectos analizados de los competidores son fundamentales, ya que resaltan sus puntos débiles, lo que abre una oportunidad para que Inpronet brinde un servicio de mejor calidad, especialmente en términos de velocidad y conexión estable.

c. Necesidades y Actividades de los Usuarios

- ***Principales Usos del Internet.*** Los usuarios encuestados indicaron que utilizan el servicio de internet principalmente para educación en línea, trabajo o negocios, y entretenimiento. Esto subraya la importancia de ofrecer velocidades rápidas y conexiones estables, capaces de soportar el teletrabajo, el aprendizaje remoto y la transmisión continua de contenidos multimedia. Estos sectores podrían beneficiarse significativamente de una mejor calidad de servicio, que actualmente no es ofrecida de manera consistente por las empresas proveedoras existentes.

- ***Dispositivos Conectados.*** La mayoría de los hogares dispone de entre tres y más de seis dispositivos conectados simultáneamente a la red, generando una demanda elevada de ancho de banda. Esta realidad enfatiza la necesidad de contar con una infraestructura de fibra óptica robusta, capaz de mantener un rendimiento óptimo incluso bajo cargas múltiples y simultáneas sin comprometer la calidad del servicio.

d. Factores Decisivos al Contratar un Servicio

La velocidad y la estabilidad son los atributos más valorados por los usuarios, indicando un nivel de insatisfacción con la calidad actual del servicio, pese a la adopción generalizada de fibra óptica. El costo también constituye un elemento importante, lo que sugiere que los consumidores buscan ofertas que equilibren accesibilidad económica y calidad técnica.

e. Segmentación de clientes

- ***Usuarios insatisfechos.*** Clientes que califican negativamente el servicio de su proveedor actual o que están considerando cambiar debido a deficiencias en calidad, precio o cobertura.

- ***Usuarios sin internet.*** Hogares que no disponen de conexión a internet, pero que presentan interés potencial en contratar servicios de fibra óptica.

- ***Usuarios actuales con internet.*** Están familiarizados con el servicio, pero que posiblemente estén considerando cambiar de proveedor.

f. Proyección de suscriptores

Para el crecimiento de la demanda del servicio de internet en la parroquia Belisario Quevedo, se aplicó el modelo exponencial descrito en la Ecuación 12 que permite calcular la evolución a lo largo del tiempo.

$$\boldsymbol{D_n = D_0 * (1 + b)^n} \qquad (12)$$

Donde

D_0: demanda inicial (suscriptores iniciales)

b: tasa de crecimiento

n: número de años transcurridos

D_n: valor de la demanda final (suscriptores finales)

La tasa de crecimiento se determinó a partir de los datos obtenidos en la encuesta, a la cual se aplicaron filtros específicos en conjunto con los criterios definidos por Inpronet Ingeniería Cía. Ltda., con el fin de identificar a los usuarios que cumplen con el perfil objetivo del servicio. Como resultado de este análisis, se estableció un valor inicial de 110 clientes potenciales. Adicionalmente, con base en la expectativa de crecimiento proyectada por la empresa, se estimó un total de 155 clientes. Estos valores fueron utilizados en la Ecuación 13 para calcular la tasa de crecimiento.

$$\boldsymbol{Tasa\ de\ crecimiento} = \frac{\boldsymbol{Valor\ actual - Valor\ anterior}}{\boldsymbol{Valor\ anterior}} * \mathbf{100} \qquad (13)$$

$$Tasa\ de\ crecimiento = \frac{155\ - 110}{110} * 100 = 41\%$$

Aplicando la tasa de crecimiento al cálculo de la demanda se obtuvo la proyección de los suscriptores para un horizonte de cinco años que se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Proyección de Suscriptores

Año	**Suscriptores**
0	110
1	155
2	218
3	308
4	434
5	611

3.2.3 Diseño de la Red

A través de la elaboración de planos detallados, se definió el recorrido más eficiente para la red GPON, asegurando una cobertura óptima de las zonas con demanda identificadas anteriormente en el estudio de mercado. Este diseño no solo contempló los requerimientos técnicos de los usuarios, sino que también aseguró el cumplimiento de las normativas vigentes para el despliegue de redes de fibra óptica, garantizando una planificación adecuada y escalable.

Para el diseño de la red GPON en Belisario Quevedo, fue fundamental considerar las condiciones climáticas de la zona (Tabla 9) para la correcta selección de equipos y materiales, garantizando la resistencia de la red ante variaciones climáticas.

Tabla 9. Condiciones Climáticas [42]

Parámetro	**Zona Baja**	**Zona Alta**
Temperatura media	13.3 °C	7.7 °C
Temp. Máxima	27.5 °C	18 °C
Temp. Mínima	6 °C	7.5 °C
Precipitación	450 – 700 mm	700 – 1,500 mm
Viento promedio	4.6 m/s (máx 6.5 m/s)	Máximo entre julio-septiembre

a. Arquitectura

La arquitectura de la red de fibra óptica comienza en el ODF con un cable troncal que llega a una manga de distribución este tramo conforma la red feeder. En la manga se realiza la primera división óptica para conectar las cajas de distribución (NAP), iniciando la red de distribución.

En el presente proyecto, el diseño abarca la red feeder y la red de distribución, es decir, la planta externa, que comienza en la central hasta la acometida, antes de llegar al usuario final. El esquema completo de la red se ilustra en la Figura 50 para facilitar la comprensión del flujo y la estructura de la infraestructura GPON.

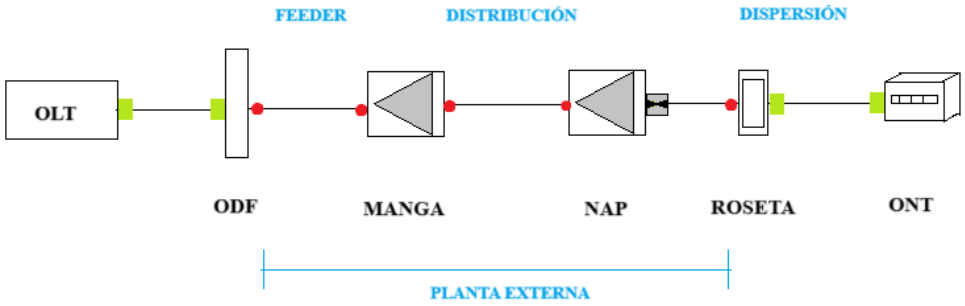


Figura 50. Arquitectura de la red.

Cada punto rojo representa un empalme de fusión, los cuadros verdes corresponden a conectores y el cuadrado gris conector armado en el campo; la cantidad de estos elementos se usa para calcular el presupuesto óptico.

b. Consideraciones para el Diseño

- ***Clasificación de Clientes por Zonas.*** Esta planificación estratégica permitió priorizar las áreas con mayor concentración de usuarios (Tabla 10) para la implementación inicial del diseño feeder.

Tabla 10. Clientes Potenciales por Barrios

Barrios	**Clientes Potenciales**
Centro	31
Chaupi Contadero	2
Culaguango	6
Forastero	8
Galpón Loma	5
Illuchi	34
La Cangagua	4
Manzanapamba	7
Pishicapamba	7
Potrerillos	2
San Antonio	4
San Miguel	2
Santa Rosa	6
El Empedrado	6

En la Figura 51 se muestra los diferentes barrios que están identificados con círculos de colores, estos representan los niveles de demanda en cada área:

- Celeste: Áreas con demanda alta o significativa.

- Naranja: Áreas con demanda igual a cuatro clientes potenciales.

- Amarillo: Áreas con demanda inferior a cuatro clientes potenciales.

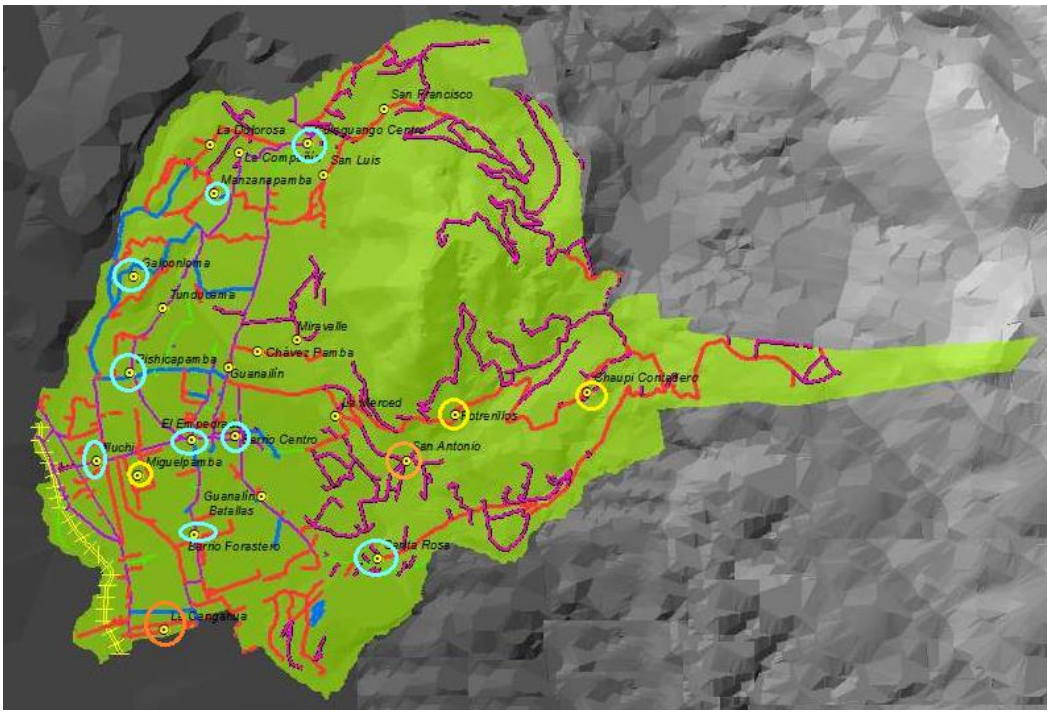


Figura 51. Barrios de demanda.

En total, se identificaron 124 clientes potenciales luego de aplicar los filtros definidos conjuntamente con Inpronet Ingeniería Cía. Ltda.; sin embargo, algunos barrios registraron únicamente dos posibles clientes, por lo cual se seleccionó únicamente los barrios que cuentan con cuatro o más clientes. Esta estrategia permite diseñar una red eficiente y escalable, enfocada en atender prioritariamente las zonas con mayor concentración de usuarios, asegurando un aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles en la red GPON. Lo que redujo la cifra final a 110 clientes potenciales, distribuidos en barrios con una demanda agrupada más significativa (Tabla 11).

Tabla 11. Segmentación de demanda por zonas

Zona	**Barrio**	**Usuarios Potenciales**
Zona1	Centro	31
	Santa Rosa	6
Zona 2	Forastero	8
Zona 3	Illuchi	34
	El Empedrado	6
Zona 4	Galpón Loma	5
	Pishicapamba	7
Zona 5	Culaguango	6
	Manzanapamba	7

Una vez segmentadas las zonas, se diseñó el tendido de la red de fibra óptica. Para facilitar la identificación de los segmentos de la red, se asignó el color rojo para representa la red feeder y el color verde para la red de distribución como se ilustra en la Figura 52.

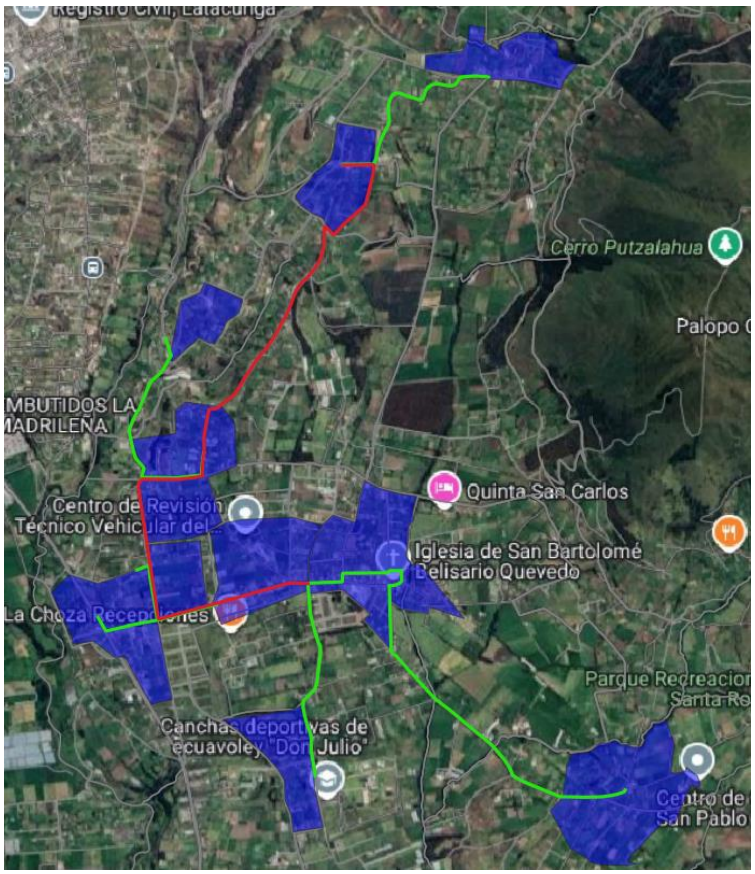


Figura 52. Trazado del cableado de la red.

c. Red Feeder

La red de planta externa comienza en la ODF y se extiende mediante el cable troncal hasta las mangas de distribución, desplegándose principalmente de forma aérea. A continuación, se describen las características consideradas para el diseño de la red Feeder y su central.

- ***Central.*** La ubicación del inmueble debe cumplir con condiciones óptimas, es importante que el lugar sea seguro con acceso restringido, en un ambiente libre de polvo, humedad y que cuente con ventilación para el funcionamiento óptimo de los equipos, Además, debe disponer con espacio suficiente para el montaje de racks, instalación de la OLT, cableado y sistema de respaldo energético UPS.

Por las condiciones mencionadas, se propuso a Inpronet Ingeniería Cía. Ltda. el siguiente punto geográfico con su información descrita en la Tabla 12 que cuenta con los parámetros óptimos para una central

Tabla 12.Ubicación del nodo principal

Central	Coordenadas UTM-WGS84	Calle Principal	Calle secundaria
OLT	-0.9859602,-78.5877890	Av. 24 de mayo	César de León

- ***Cantidad de hilos para cable troncal.*** De acuerdo con la normativa ITU-T G.984, los divisores ópticos estándar contemplan relaciones de 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 y 1:32. No obstante, la recomendación ITU-T G.984.1 amplía esta capacidad hasta una relación de división de 1:64 [43]. Este valor ha sido adoptado en este proyecto en cumplimiento con las directrices establecidas por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) para el diseño de redes GPON.

Se aplicó esta configuración, considerando cubrir la demanda analizada en la parroquia y anticipando posibles expansiones de la red, se estableció el uso de un cable troncal de 12 hilos de fibra óptica. En la Figura 53 se presenta la recomendación para la distribución de hilos por zona, considerando atender la proyección de crecimiento de usuarios. Esta distribución se definió en función del porcentaje de demanda actual, como se detalla en la Tabla 13, donde la Zona 1 y la Zona 3 concentran una proporción significativa de la población, convirtiéndose en áreas prioritarias por su alto potencial de usuarios.

Tabla 13. Demanda Porcentual según Inpronet Ingeniería Cía. Ltda.

Zona	**Barrio**	**Usuarios Potenciales**	**Demanda (%)**
Zona1	Centro	31	28,18
	Santa Rosa	6	7,27
Zona 2	Forastero	8	5,45
Zona 3	Illuchi	34	30,91
	El Empedrado	6	5,45
Zona 4	Galpón Loma	5	5,45
	Pishicapamba	7	6,36
Zona 5	Culaguango	6	4,55
	Manzanapamba	7	6,36

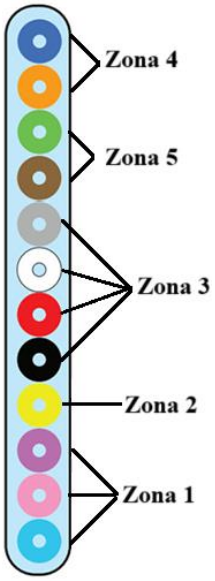


Figura 53. Distribución del cable de 12 hilos.

- ***Puertos PON.*** Acorde con la norma ITU-T 984.1, el número máximo aceptable de ONTs por puerto es de 64 [43]. Por lo cual se utiliza la Ecuación 14:

$$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Puertos = \frac{demanda}{divisores}} \qquad (14)$$

$$Cantidad\ de\ Puertos = \frac{110}{64} = 1{,}72 \approx 2$$

La cantidad de puertos calculados son 2, para abarcar la demanda inicial del proyecto.

- ***Cable de Troncal.*** Para la selección del tipo de cable se tomó en cuenta el método de instalación aéreo (previamente descrito), distancia entre postes (vano), tipo de fibra, la longitud de onda y la resistencia adecuada frente a las condiciones ambientales.

El tipo de fibra establecido es monomodo, debido a la capacidad de soportar largas distancias, por lo cual se consideró el estándar ITU-T G.652 y su equivalente ITU-T G.657 donde la fibra debe operar principalmente en la longitud de onda de 1310 nm, aunque también puede utilizarse en la banda de 1550 nm.

A continuación, se presenta en la Tabla 14 la comparación de los cables que cumplieron con las recomendaciones iniciales:

Tabla 14. Comparativa de cables para exterior [44], [45], [46]

Característica	Cable Figura 8 Sin Armadura Monomodo	Cable Minifigura 8 Monomodo	Cable ADSS (Autosoprtado)
Tipo de cable	Figura 8 sin armadura, autosoportado, aérea	Minifigura 8, autosoportado, aérea	Dieléctrico autosoprtado (no requiere mensajero)
Fibra óptica	Monomodo G.652.D	Monomodo G.652.D	Monomodo OS2 G.652.D
Número de fibras	6 a 144 fibras	6 a 12 fibras	12 a 288 fibras
Diámetro del cable (mm)	10x21 a 16.2x25.8	~5.4 x 10	11.6 a 19.0
Peso (kg/km)	230 a 370	~46	115 a 285
Mensajero	Alambre acero galvanizado 7x1.6 mm	Alambre acero galvanizado 1.6 mm	No tiene mensajero (dieléctrico)
Cubierta exterior	HDPE negro, espesor 1.5 mm nominal	HDPE negro, espesor nominal 1 mm	MDPE negro, espesor 1.5 a 1.7 mm nominal
Material del tubo holgado	Gel tixotrópico relleno	PBTP con gel tixotrópico relleno	PP (polipropileno) con gel tixotrópico
Elemento central de fuerza	FRP (Fibra de vidrio reforzada)	No especificado claramente	FRP
Hilos de refuerzo	Mensajero acero galvanizado	Hilos de aramida	Hilos de aramida
Temperatura de operación	-10°C a +70°C	-40°C a +70°C	-40°C a +70°C
Span máximo entre postes (m)	70 a 130	50	100-200
Radio mínimo de curvatura	≥4 m (fibra), otros radios de mandril para pruebas	≥4 m (fibra), mandril 10 x D cable para pruebas	≥4 m (fibra), mandril 10 x D cable para pruebas
Atenuación máxima (dB/km)	0.20 a 0.36 (según longitud de onda)	0.20 a 0.36	0.20 a 0.36
Resistencia a tracción	Corto plazo 8000 N, largo plazo 3000 N	Corto plazo 1500 N, largo plazo 600 N	Tensión máxima permitida 3200 N
Aplastamiento (N/100mm)	Corto plazo 1000 N	Corto plazo 300 N	Corto plazo 2200 N
Vida útil	25 años	25 años	25 años
Resistencia a rayos UV	Sí	Sí	Sí
Resistencia mecánica general	Alta (mensajero de acero robusto)	Media (mensajero acero más delgado y mini tamaño)	Alta (elemento dieléctrico, autosoportado sin mensajero)

En base al análisis realizado, se consideró el cable ADSS como la opción más adecuada para el proyecto ya que satisface las necesidades encontradas en la parroquia, la capacidad del cable para cubrir largos tramos (vano) resulta beneficiosa para la zona. A su vez, cumple con los estándares ITU-T G.652, que tiene atenuación dentro del rango ≤ 0.36 dB. El diseño dieléctrico del ADSS permite la instalación sin necesidad de puesta a tierra, incrementando la seguridad a descargas eléctricas y más características técnicas que se muestran en el Anexo D.

- ***OLT.*** Equipo fundamental para el nodo principal, acorde a ITU-T G.984.2 debe ser un dispositivo capaz de manejar altas velocidades de transmisión, gestionar y supervisar la red de distribución óptica, mantener la integridad de la señal con especificaciones ópticas [47]:

- Capacidad de expansión en tarjetas.

- Los niveles de potencia de transmisión y la sensibilidad de recepción deben cumplir con los estándares de la clase B+.

- posea interfaces dedicadas tanto para la administración como para el control, además de las interfaces de uplink.

Además, en la Tabla 15 se detalla los requerimientos mínimos para la selección de la OLT y su justificación técnica.

Tabla 15. Requisitos mínimos para OLT

Parámetro	**Requisito**	**Justificación**
Estándar	Compatible con ITU-T G.984.x	Estándar internacional que garantiza interoperabilidad, rendimiento y funcionamiento GPON
Ventana de operación	1310 nm	Optimiza la transmisión en fibra monomodo y evita interferencias entre subida y bajada.
Tipo de fibra	Monomodo	Fibra adecuada para largas distancias y alta capacidad, estándar en redes GPON.
Número mínimo de puertos PON	4 puertos PON	Permite cubrir la cantidad de usuarios con margen para expansión futura.
Distancia máxima	Alcance mínimo de 10 km	Cumple con el rango físico requerido por el proyecto garantizando calidad de señal y cobertura.
Velocidad de enlace	2.5 Gbps downstream / 1.25 Gbps upstream	Velocidad estándar para GPON que soporta servicios de alta demanda (video, internet, voz).
Puertos de uplink	2 puertos SFP con capacidad 1 Gbps o 10 Gbps	Facilita conexión flexible y escalable hacia la red troncal, garantizando ancho de banda adecuado.
Puertos Ethernet	2 puertos	Necesarios para rede MPSL
Puerto Serial	1 puerto	Permite configuración directa y recuperación en caso de fallas o problemas de red.
QoS	Asignación de ancho de banda	Garantiza calidad en la experiencia de usuario.
Compatibilidad ONT	Soporte para interoperabilidad con ONTs de diferentes marcas	Facilita la flexibilidad en la adquisición de equipos y evita dependencia de un solo proveedor.
Fuente de alimentación	110V AC 60 Hz, con opción a redundancia	Alimentación eléctrica.

Escalabilidad	Capacidad para expansión modular agregando más puertos o tarjetas	Permite crecimiento del sistema sin necesidad de reemplazo completo del equipo.

En base a los requisitos mínimos, se realiza una comparación de los equipos que cumplen con las características y se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16. Comparativa de OLT

Característica	**ZTE ZXA10 C620**	**FiberHome AN5516-04**	**Huawei MA5800-X2**
Factor de forma / Altura	2U	2U, rack 19”	2U / No especificado
Slots GPON	2	1	2
Puertos PON / GPON	2 tarjetas de 16 puertos	16 (ampliable a 32)	16 (ampliable a 32)
Split Ratio Máximo	GPON: 1:128 / XG(S)-PON: 1:256	1:128	1:128
Distancia máxima (PON)	60 km (lógica) 40 km (diferencial)	20 km	20 km
Velocidad PON (Gbps)	GPON: 2.5 (down) / 1.25 (up)	GPON: 2.5 (down) / 1.25 (up)	GPON: 2.5 (down)/ 1.25 (up)
	XGS: 10 (down) / 10 (up)		XG-PON: 10 (down)/ /2.5 (up)
			XGS-PON: 10 (down) /10 (up)
Puertos uplink	4×10GE/GE por tarjeta de control	2x SFP+ (10 Gbps) + 2x SFP (1.25 Gbps)	2x GE + 2x GE/10GE por MPSG
Capacidad de conmutación	1.8 Tbit/s backplane / 480 Gbit/s sistema	Hasta 1.4Tbit/s	Hasta 480 Gbit/s (por tarjeta MPSC) / 80 Gb/s por slot (MPSG)
Capacidad usuarios (estimado)	Hasta 4096	2048 (hasta 4096)	Hasta 4096 ONTs concurrentes
Gestión / Interfaces	CLI, Telnet, SSH, SNMP, OAM	RJ45 Console, ETH, BTS, Alarm	CLI, SNMP, Telnet, SSH, FTP, SFTP, alarmas
Funciones L2/L3 / Protocolos	VLAN, QinQ, STP, RSTP, OSPF, BGP, DHCP, ECMP	VLAN, QinQ, STP, RSTP, LACP, RIP, OSPF, VRRP	VLAN, OSPF, BGP, IS-IS, VRF, DHCP relay, MPLS
QoS	SP, WRR, SP+DWRR, H-QoS, shaping	SP, WRR, SP+WRR, 8 colas por puerto, T-CONT, shaping	HqoS, trTCM, PQ, WRR, shaping, ACL
Seguridad / Protección	IP Source Guard, ACL, Anti-DoS	AES-128, Port Isolation, DHCP Snooping	ACL, ARP filtering, GPON type B/C, ISSU, AES-128, ACL, DHCP Snooping, anti-spoofing, aislamiento de puertos
Estándares compatibles	ITU-T G.984, G.987, G.988, G.9807.1	ITU-T G.984 (GPON), ITU-T G.987 (XG-PON), ITU-T G.9807 (XGS-PON), IEEE 802.3ah (EPON)	ITU-T G.984, G.987, G.9807, G.988, Combo PON (GPON + XG(S)-PON)

Alimentación	AC: 100–240V / DC: -48V/–60V	AC (100V~240V)	AC (100V~240V) o DC (-48V/-60V)
Temperatura de operación	-40°C a 65°C	0°C a 50°C	-40°C a 65°C
Puertos Ethernet	1 out-of-band mgmt, 1 línea debug	4× RJ45 (Console, ESC, BTS, Alarm)	Hasta 16 puertos 10GE/GE y 96 GE/FE / No especificado
Puerto Serial	1 × serial debug, 1 × serial ambiental	Consola por RJ45	Puerto ALM (7 entradas digitales / 1 salida), Sí consola (RJ45), 1x mantenimiento serial, 1x debugging serial
Tipo de fibra	Monomodo (SMF)	Monomodo (SMF)	Monomodo (SMF)
Ventana de operación	Tx: 1490 nm / Rx: 1310 nm	Tx: 1490 nm / Rx: 1310 nm	Tx: 1490 nm (GPON), Rx: 1310 nm (GPON), XG(S)-PON: 1577/1270 nm
Precio estimado	$3713,51	$3337,80	$ 5800
Imagen			

Los modelos propuestos cumplen con las características básicas para la red, velocidad, modo de transmisión y puertos, para la selección de la OLT más optima se toma en las características de cada una, ZTE ZXA10 C620 tiene un gran alcance (hasta 60 km), con soporte para tecnologías GPON, XG-PON y XGS-PON desde sus puertos. Ofrece una alta capacidad de conmutación (480 Gbps) y opciones avanzadas de QoS (H-QoS, shaping, SP+DWRR).

En cambio, Huawei MA5800-X2 cuenta con distribución ideal para redes de nueva generación (NG-PON). Soporta una amplia gama de tecnologías (GPON, XGS-PON, P2P) y proporciona una gestión avanzada del tráfico para ONTs y herramientas de diagnóstico. Su alcance es de 20 km.

FiberHome AN5516-04, si bien cumple con los requisitos técnicos fundamentales, es una solución más compacta y sencilla, pensada para despliegues simples o entornos controlados. Tiene buena capacidad de puertos, velocidad estándar GPON y administración básica. No obstante, su interoperabilidad con ONTs de otras marcas es más limitada.

Considerando los parámetros técnicos, las necesidades de escalabilidad y distancia, se recomendó como primera opción el modelo ZTE ZXA10 C620 (las características

completas se especifican en el Anexo E por su mayor alcance y soporte multi-PON. Y como segunda opción, se recomendó el modelo Huawei MA5800-X2, ideal para escenarios de densidad alta y redes multiservicio, de ser el caso de ampliar los servicios ofrecidos por Inproent. Si bien la OLT FiberHome AN5516-04 cumplió con los parámetros mínimos establecidos para una red GPON, no es recomendada como solución principal debido a su compatibilidad es más limitada con ONTs y su relación costo-beneficio en comparación de los otros modelos ya mencionados.

d. Red de Distribución

La distribución empieza la manga hasta las cajas de distribución de cada zona. Se consideró los niveles de división óptica acorde con las zonas previamente definidas, por lo que se tomó en cuenta los potenciales usuarios y el crecimiento del mercado.

- ***Division óptica.*** El splitteo de la red es 1:64 como se manifestó anteriormente, según la ITU-T G.984 se menciona la velocidad ascendente es 1.2 Gbit/s y la descendente es de 2.4 Gbit/s definiendo así el ancho de banda para el usuario final en la Ecuación 15 y Ecuación 16.

$$\boldsymbol{Downstream = \frac{2.4\ Gbit/s}{64} = 37.50\ Mbits/s} \qquad (15)$$

$$\boldsymbol{Upstream = \frac{1.2\ Gbit/s}{64} = 18.75\ Mbits/s} \qquad (16)$$

La proyección de la demanda por zonas ayudó a determinar la capacidad necesaria para el despliegue y la expansión de la red de distribución, por lo cual el splitteo de cada zona se propuso como se muestra en la Figura 54.

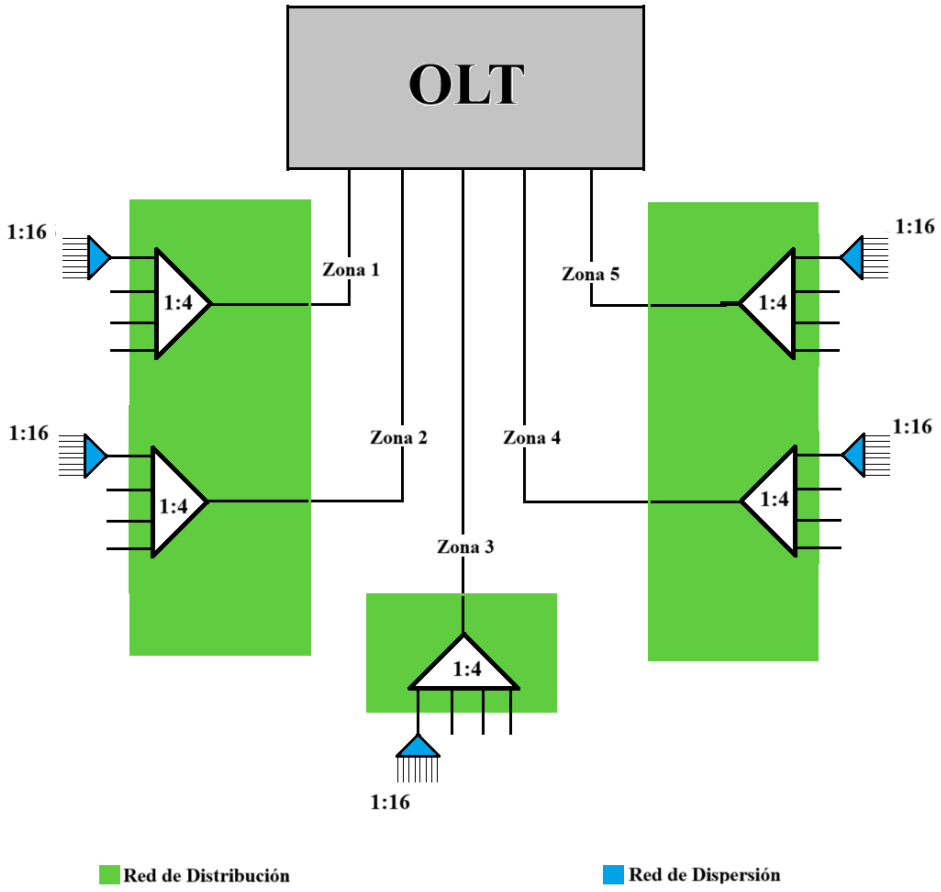


Figura 54. Esquema lógico de la red.

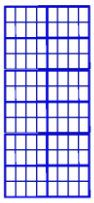
Para la expansión del servicio en la parroquia, se ha diseñado una red que optimiza la distribución de la infraestructura según las características geográficas y demográficas de los usuarios potenciales de cada zona. En todas las zonas se optó por divisores ópticos 1:4, debido a la mayor extensión territorial y la distancia entre los barrios de esta zona. El recuadro verde corresponde a los divisores de primer nivel, encargados de la distribución de la señal en la red. Por otro lado, los divisores de color celeste representan los divisores de segundo nivel, pertenecientes a la red de dispersión.

e. Diseño de Planta Externa

El diseño de la planta externa, una etapa fundamental en la planificación de redes permitió que se comprenda de manera lógica como se distribuye el acceso al servicio de internet. A lo largo de esta sección, se detalla las características técnicas de los elementos que componen la red.

- ***Simbología.*** En el diseño de planta externa incluyó los diferentes elementos que conforman la red proyectada, en la Tabla 17 se presenta los símbolos para señalar cada elemento en el software de diseño AutoCAD establecidos por la normativa de CNT.

Tabla 17. Simbología de Red GPON [48]

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
	Postería		Cableado proyectado
	Reserva de hilos (Manga)		OLT del distribuidor
	Empalme de fibra proyectado (manga de troncal proyectada)		Spitter primario
	Empalme de fibra y Splitter proyectado (manga de distribución proyectada)		Splitter secundario
	Caja de Distribución NAP		ODF proyectado
	Identificador de cable		Reserva de cable óptico
	Herrajes de suspensión Herraje de retención		Herraje de retención tipo brazo de farol

- ***Postería.*** Se utilizaron los postes de ELEPCO S.A., empleados para la distribución energética de la parroquia, estos fueron fundamentales para el tendido aéreo del cableado de fibra óptica. Las coordenadas geográficas fueron obtenidas digitalmente por el investigador a través de un aplicativo GPS en el territorio, y posteriormente integradas en AutoCAD (Figura 55). Esto permitió determinar con precisión la distancia del recorrido del cable de fibra óptica de la red. Esto permitió determinar con precisión la distancia del recorrido del cable de fibra óptica de la red.



Figura 55. Digitalización de la postería de ELEPCO S.A.

- ***Trayecto de la Red Feeder.*** La red se estableció desde la central hasta llegar a los divisores primarios, el cable troncal tiene una nomenclatura establecida en la normativa como se muestra en la Figura 56. Por ende, la nomenclatura de cada ramal se asignó como en la Tabla 18.

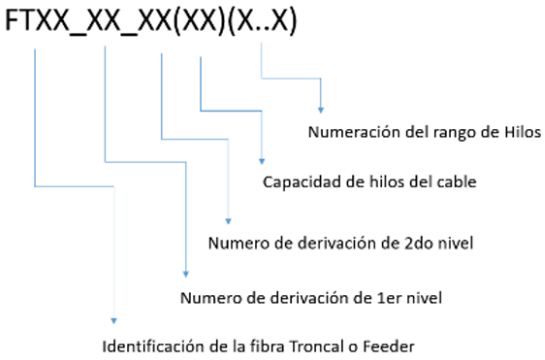


Figura 56. Nomenclatura de identificación para ramales troncales [49], [50].

Tabla 18. Nomenclatura de los ramales troncales

Identificador	**Distancia (m)**
FT01_00_00(12) (1)	58
FT02_00_00(12) (2)	338
FT03_00_00(12) (3)	1018
FT04_00_00(12) (4)	946
FT05_00_00(12) (5)	2931

El recorrido del cable se realiza desde el nodo principal hasta la última manga de empalme. A acorde con la normativa se establece la nomenclatura del cable en la red, tomando en cuenta las reservas como se muestra en la Figura 57.

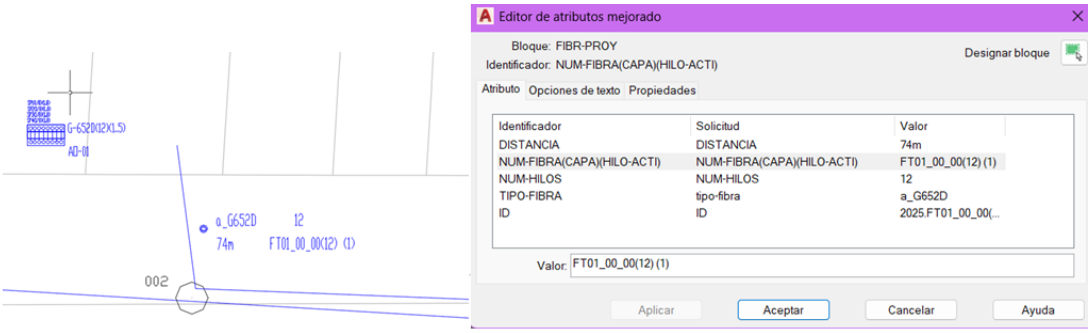


Figura 57. Nomenclatura del cable troncal.

- ***Mangas de distribución porta splitter MT.*** Para el nodo entre la red troncal y de distribución se utilizó la manga de distribución, la cual almacena el primer nivel de división, protegiendo al cableado de cada zona o distrito de la red. Para la asignación del identificador de los distritos se empleó la normativa como se muestra en la

- Figura ***58***.

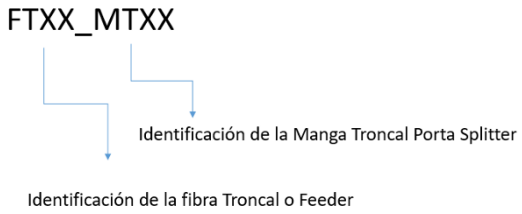


Figura 58. Nomenclatura para distritos FTTH [49], [50].

La nomenclatura de cada manga se proyecta en la Tabla 19.

Tabla 19. Nomenclatura de Mangas

Distrito	**Identificador Mangas**
MT-01	FT01_MT-01
MT-02	FT02_MT-02
MT-03	FT03_MT-03
MT-04	FT04_MT-04
MT-05	FT05_MT-05

En la Figura 59 se visualizan los atributos que se completó con respecto a la manga, como el identificador (Tabla 19), la rama troncal entrante y la(s) ramas de distribución salientes. Para ello, se utiliza la nomenclatura correspondiente presentada Tabla 18 y Tabla 20.

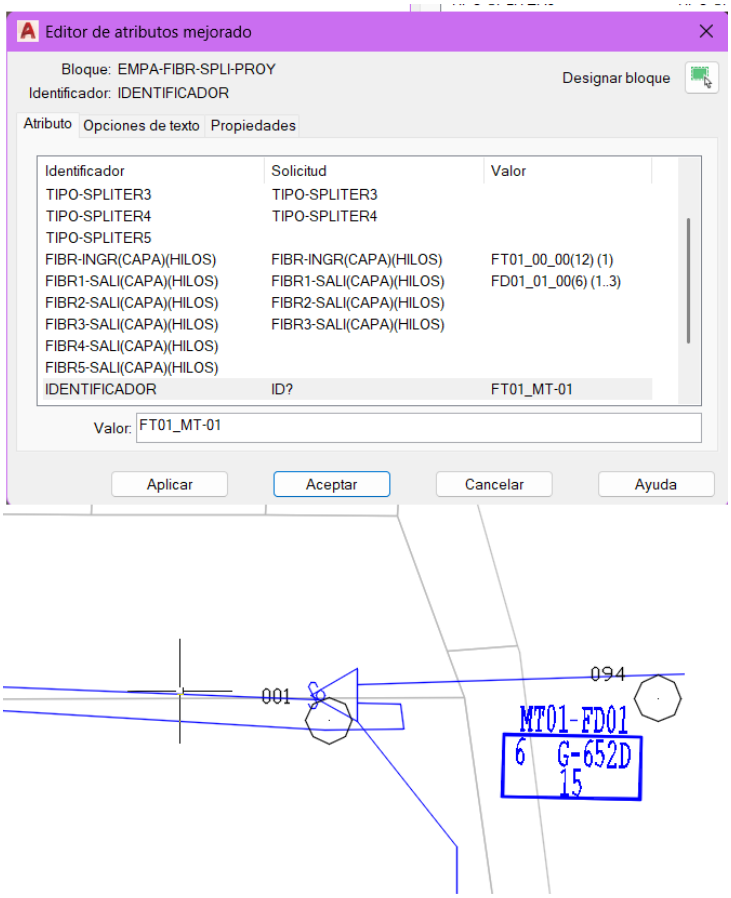


Figura 59. Atributos de la manga.

- ***Trayecto de Red de Distribución.*** Partiendo desde la manga de distribución, el recorrido del cable de distribución se extendió hasta el punto de acceso NAP. Para cada rama de la red, se consideró el primer nivel de división óptica. La nomenclatura utilizada para los cables respeta la normativa como se muestra en la Figura 60.

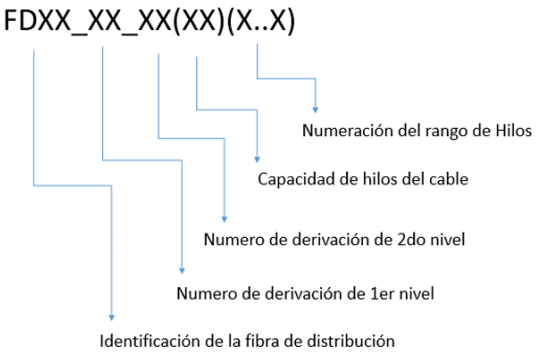


Figura 60. Nomenclatura para ramales de distribución [49], [50].

Se estableció el nombre de cada cable del ramal como se muestra en la Tabla 20 y queda definido como en Figura 61.

Tabla 20. Nomenclatura de los ramales de distribución

Identificador	Distancia (m)
FD01_01_00(6) (1..3)	3176
FD02_01_00(6) (1)	1076
FD03_01_00(6) (1..4)	754
FD04_01_00(6) (1)	929
FD04_02_00(6) (2)	530
FD05_01_00(6) (1)	177
FD05_02_00(6) (2)	1134

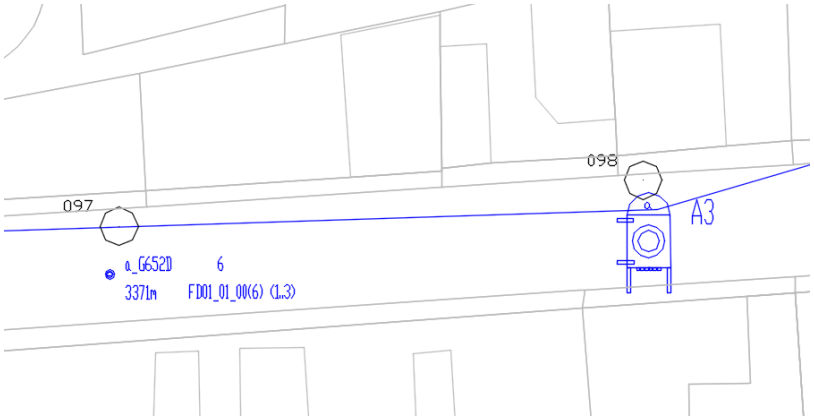


Figura 61. Ramal de distribución FD01.

- ***Cajas de Distribución (NAP).*** Las cajas de distribución, acorde a la normativa, no deben ser colocadas en vías de alto congestionamiento. Para la identificación de los elementos de la red, se utilizó una nomenclatura alfanumérica compuesta por letras de la A a la Z y números del 1 al 4. Las NAPs necesarias para garantizar la cobertura de la zona se detallan en la Tabla 21.

Tabla 21. Nomenclatura de la red

Distritos	Ramales Troncales	Ramales de distribución	NAP
MT-01	FT01_00_00(12) (1)	FD01_01_00(6) (1..3)	A1, A2, A3, A4
MT-02	FT02_00_00(12) (2)	FD02_01_00(6) (1)	B1, B2, B3, B4
MT-03	FT03_00_00(12) (3)	FD03_01_00(6) (1..4)	C1, C2, C3, C4
MT-04	FT04_00_00(12) (4)	FD04_01_00(6) (1)	D1, D2
		FD04_02_00(6) (2)	D3, D4
MT-05	FT05_00_00(12) (1)	FD05_01_00(6) (1)	E1, E2
		FD05_02_00(6) (2)	E3, E4

- ***Asignación de Herrajes.*** Para tendido del cable, fue necesario que los postes estén en linea de vista, por lo que se asignaron herrajes de retención tipo brazo de farol y también herrajes de suspensión para evitar un esfuerzo de flexión del cable, tomando en cuenta la normativa de CNT se colocaron los atributos como se muestra en la Figura 62.

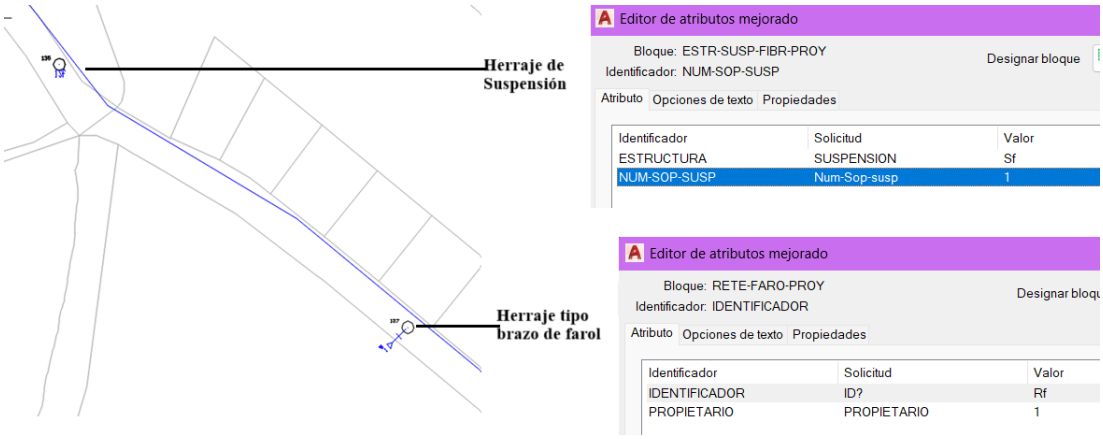


Figura 62. Asignación de herrajes.

Se consideró el tipo de herrajes a emplear en el tendido de la red, ya sea de retención (Rf) o de suspensión (Sf), según la función que cumpla en el trayecto del tendido.

- ***Reservas.*** Las reservas son de ayuda al momento de aumentar el alcance del servicio y en el mantenimiento del servicio.

Reserva de cable troncal

Según la normativa de construcción de planta externa, la cantidad de cable de reserva que debe dejarse está en función de la distancia total de tendido se explica en la Tabla 22.

Tabla 22. Consideraciones de reserva troncal

Evento	**Reserva (m)**
Punta del enlace	15
Cada 500 m de cable instalado	30

Reserva de cable de distribución

Las reservas de cable en las NAPs y mangas de distribución se contemplaron de acuerdo con las buenas prácticas de instalación de redes de fibra óptica. Estas consideraciones se detallan en este apartado, y la cantidad técnica establecida para cada caso se presenta en la Tabla 23 .

Tabla 23. Consideraciones de reserva de distribución

Evento	Longitud de Reserva (m)
NAP terminal	3.5
NAP dentro del enlace	6.5
Manga de distribución	15

f. Presupuesto Óptico

Según la normativa ITU-T G.984.6, se establece un límite de atenuación de 28 dB para redes GPON. Sin embargo, en la práctica, los proveedores suelen operar con un límite de 25 dB. Esta diferencia de 3 dB se aplica como margen de seguridad para garantizar la estabilidad del enlace.

Para el cálculo total de la atenuación en la fibra óptica, se consideró la distancia desde la central (OLT) hasta la NAP más alejada, multiplicando dicha distancia por el coeficiente de atenuación correspondiente al tipo de fibra utilizada. En la dirección downstream, usualmente se efectúa este cálculo a una longitud de onda de 1310 nm, por lo que se eligió la NAP más lejana en cada zona de la red como referencia.

En la zona 1, la NAP A1, ubicada en el sector de Santa Rosa, fue la más lejana, con una distancia de 3,23 km. El presupuesto óptico correspondiente se presenta en la Tabla 24.

En cambio, en la zona 2, la NAP B1, ubicada en el barrio Forastero, fue la más lejana, con una distancia de 1,47 km. El presupuesto óptico correspondiente se presenta en la Tabla 25.

Tabla 24. Presupuesto óptico Zona 1

PLANTILLA PARA PRESUPUESTO OPTICO CNT EP				
ELEMENTOS DE FIBRA ÓPTICA		**CANTIDAD**	**PERDIDA DE ELEMENTO TIPICO (dB)**	**TOTAL, DE PERDIDA (dB)**
Conectores ITU671		4	0,50	2,00
Empalmes por fusión ITU751		5	0,10	0,50
Empalmes mecánicos ITU751			0,20	0,00
Conector armado en campo		1	0,60	0,60
Splitters	**1x2**		3,25	0,00
	1x4	1	6,50	6,50
	1x8		9,75	0,00
	1x16	1	13,00	13,00
	1x32		16,25	0,00
	1x64		19,50	0,00
Longitudes de fibra óptica	**1310nm**	3,23	0,35	1,13
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL				**23,73**

Tabla 25. Presupuesto óptico Zona 2

PLANTILLA PARA PRESUPUESTO OPTICO CNT EP				
ELEMENTOS DE FIBRA ÓPTICA		**CANTIDAD**	**PERDIDA DE ELEMENTO TIPICO (dB)**	**TOTAL DE PERDIDA (dB)**
Conectores ITU671		4	0,50	2,00
Empalmes por fusión ITU751		5	0,10	0,50
Empalmes mecánicos ITU751			0,20	0,00
Conector armado en campo		1	0,60	0,60
Splitters	**1x2**		3,25	0,00
	1x4	1	6,50	6,50
	1x8		9,75	0,00
	1x16	1	13,00	13,00
	1x32		16,25	0,00
	1x64		19,50	0,00
Longitudes de fibra óptica	**1310nm**	1,47	0,35	0,51
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL				**23,11**

Así mismo, en la zona 3, la NAP C1, fue la más lejana, a una distancia de 1,82 km ubicada en Illuchi, se presenta el presupuesto óptico en la Tabla 26.

Tabla 26. Presupuesto óptico Zona 3

PLANTILLA PARA PRESUPUESTO OPTICO CNT EP				
ELEMENTOS DE FIBRA ÓPTICA		**CANTIDAD**	**PERDIDA DE ELEMENTO TIPICO (dB)**	**TOTAL DE PERDIDA (dB)**
Conectores ITU671		4	0,50	2,00
Empalmes por fusión ITU751		5	0,10	0,50
Empalmes mecánicos ITU751			0,20	0,00
Conector armado en campo		1	0,60	0,60
Splitters	**1x2**		3,25	0,00
	1x4	1	6,50	6,50
	1x8		9,75	0,00
	1x16	1	13,00	13,00
	1x32		16,25	0,00
	1x64		19,50	0,00
Longitudes de fibra óptica	**1310nm**	1,82	0,35	0,64
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL				**23,24**

En la zona 4, la NAP D1, fue la más lejana con una distancia de 2,95 km, ubicada en Galpón Loma, se presenta el presupuesto óptico en la Tabla 27.

Tabla 27. Presupuesto óptico Zona 4

PLANTILLA PARA PRESUPUESTO OPTICO CNT EP				
ELEMENTOS DE FIBRA ÓPTICA		**CANTIDAD**	**PERDIDA DE ELEMENTO TIPICO (dB)**	**TOTAL DE PERDIDA (dB)**
Conectores ITU671		4	0,50	2,00
Empalmes por fusión ITU751		5	0,10	0,50
Empalmes mecánicos ITU751			0,20	0,00
Conector armado en campo		1	0,60	0,60
Splitters	**1x2**		3,25	0,00
	1x4	1	6,50	6,50
	1x8		9,75	0,00
	1x16	1	13,00	13,00
	1x32		16,25	0,00
	1x64		19,50	0,00
Longitudes de fibra óptica	**1310nm**	2,95	0,35	1,03
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL				**23,63**

Finalmente, en la zona 5, la NAP E1, fue la más lejana con una distancia de 6,08 km, ubicada en Santa Rosa, se presenta el presupuesto óptico en la Tabla 28.

Tabla 28. Presupuesto óptico Zona 5

PLANTILLA PARA PRESUPUESTO OPTICO CNT EP				
ELEMENTOS DE FIBRA ÓPTICA		**CANTIDAD**	**PERDIDA DE ELEMENTO TIPICO (dB)**	**TOTAL DE PERDIDA (dB)**
Conectores ITU671		4	0,50	2,00
Empalmes por fusión ITU751		5	0,10	0,50
Empalmes mecánicos ITU751			0,20	0,00
Conector armado en campo		1	0,60	0,60
Splitters	1x2		3,25	0,00
	1x4	1	6,50	6,50
	1x8		9,75	0,00
	1x16	1	13,00	13,00
	1x32		16,25	0,00
	1x64		19,50	0,00
Longitudes de fibra óptica	1310nm	6,08	0,35	2,13
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL				**24,73**

Se realizó el cálculo de potencia con la Ecuación 17.

$$\boldsymbol{P_r = P_{TX} - \alpha_{Total}} \qquad (17)$$

Donde

$\boldsymbol{P_r}$ es la potencia recibida

$\boldsymbol{P_{TX}}$ es la potencia máxima de OLT en dB.

$\boldsymbol{\alpha_{Total}}$ pérdidas totales en dB

El cálculo de potencia se resolvió reemplazando $P_{TX} = 5dB$ (del equipo) y para α_{Total} el valor de pérdidas registrado en la planilla para presupuesto óptico CNT EP como se muestra a continuación en Tabla 29.

Tabla 29. Cálculo de Potencia por zonas

Zona	**Cálculo**	**Potencia Recibida (dB)**
Zona1	$P_r = 5\ dB - 23{,}73\ dB$	-18,73
Zona 2	$P_r = 5\ dB - 23{,}11\ dB$	-18,11
Zona 3	$P_r = 5\ dB - 23{,}24\ dB$	-18,24
Zona 4	$P_r = 5\ dB - 23{,}63\ dB$	-16,63
Zona 5	$P_r = 5\ dB - 24{,}73\ dB$	-19,73

Luego del análisis individual de cada zona de cobertura, se observó que ninguna supera el límite de atenuación de 25 dB, por tanto, se concluye que el diseño de la red cumple con los parámetros establecidos por la normativa vigente.

3.2.4 Estudio económico

Definido el diseño de la red que dará cobertura a la parroquia Belisario Quevedo, se efectuó el estudio económico para determinar la inversión necesaria para la implementación del proyecto y estimar el tiempo de recuperación en función de los planes de internet ofrecidos por Inpronet Ingeniería Cía. Ltda. (Tabla 5). Este estudio contempló los siguientes componentes principales:

a. Gastos de Capital (CAPEX)

Se incluyó todos los costos asociados a la adquisición de infraestructura, materiales, equipos activos y pasivos, instalación y puesta en marcha de la red, los que se detallan en la Tabla 30.

Tabla 30. CAPEX calculado del proyecto

Detalle	**Unidad**	**Precio Unitario**	**Cantidad**	**Precio Total**
Personal de instalación	U	470,00	3	1410
Rack 19 pulgadas 12 u	U	234,44	1	234,44
Equipo OLT	U	3713,51	1	3713,51
Equipo ONU	U	50,00	110	5500
Equipo ODF	U	69,35	1	69,35
Router WIFI 6	U	41,61	110	4577,1
Cable óptico aéreo monomodo 12 hilos	U	1611,20	2	3222,4
Cable óptico aéreo monomodo 6 hilos	U	1430,00	2	2860
Herrajes retención tipo brazo farol	U	17,18	20	343,6
Herrajes tipo B con abrazadera	U	8,74	50	437
Herrajes tipo D	U	4,85	53	257,05
Preformados	U	4,49	53	237,97
NAP de 16 puertos SC/APC	U	45,71	12	548,52
Manga tipo domo 12 hilos	U	40,25	5	201,25
Precio por prueba de potencia	U	6,00	5	30
Precio por fusión de cada hilo	U	3,00	20	60
Precio por etiqueta	U	4,00	10	40
Cable drop	U	243,46	1	243,46
Tensores	U	0,30	100	30
Sangrado de cable de fibra óptica	U	4,00	5	20
Total				**24.035,65**

El costo de la inversión del proyecto es de $24.035,65. En este valor implicó todos los insumos como mano de obra necesarios para el despliegue de la red. Cave recalcar que el personal contemplado en este presupuesto corresponde a contratación temporal. Además, es importante destacar que el costo de la red de dispersión es referencial ya que el enfoque principal del este estudio es planta externa.

b. Gastos Operativos (OPEX)

Corresponde a los costos recurrentes de operación y mantenimiento de la red. En la Tabla 31 se detallan los principales rubros considerados para este proyecto, tanto mensuales como anuales.

Tabla 31. OPEX calculado del proyecto

Detalle	**Cantidad**	**Precio Mensual**	**Precio Anual**
Arriendo	-	150,00	1800,00
Servicio de Energía Eléctrica	-	90,00	1080,00
Permisos de funcionamiento (bomberos y municipio)	-	-	130,00
Costo del punto de entrega (PoP)	-	500,00	6000,00
Mantenimiento de la red	-	500,00	6000,00
Salarios			
Personal administrativo	1	470,00	5640,00
Personal técnico	2	470,00	11280,00
Total		**2180,00**	**31.930,00**

Nota: Los permisos municipales se consideró como costos anuales.

c. Análisis de Rentabilidad

Se evaluó la viabilidad financiera del proyecto a lo largo del tiempo, considerando la relación entre la inversión inicial (CAPEX), los costos operativos anuales (OPEX) y los ingresos por la prestación del servicio de internet mediante la red de fibra óptica.

- ***Ingresos.*** Para el cálculo de los ingresos proyectados del proyecto, se tomó como base los planes comerciales ofrecidos por Inpronet Ingeniería Cía. Ltda. (ver Tabla 5), considerando un precio competitivo dentro del mercado local. Según los resultados de la encuesta aplicada, la mayoría de los usuarios indicó pagar entre $15 y $20 por el servicio de internet; por ello, se consideró el plan básico de $20 mensuales como representativo para el análisis.

Con base en los 110 clientes, se obtuvo la estimación de ingresos en la Tabla 32.

Tabla 32. Ingresos proyectados

Plan de Megas	**Precio**	**Clientes**	**Mensual**	**Anual**
150 Mbps	$20,00	110	2.200,00	26.400,00

Esta proyección corresponde al primer año de operación con la demanda inicial. Conforme se incremente el número de abonados, de acuerdo con la proyección de demanda (Tabla 8).

- ***Flujo de Caja Neto (FCN).*** Estableció la diferencia entre ingresos y costos, para el cálculo se utilizó la Ecuación 18, en la Tabla 33 se detalla el flujo de caja considerando la proyección en 5 años.

$$\boldsymbol{FCN = Ingresos - Costos} \qquad (18)$$

Tabla 33. Flujo de Caja Neto

Año	**Clientes estimados**	**Ingresos (USD)**	**Costos (USD)**	**Flujo Neto (USD)**
0	110		$24.035,65	-$24.035,65
1	155	$37.200,00	$31.930,00	$5.270,00
2	218	$52.320,00	$31.930,00	$20.390,00
3	308	$73.920,00	$31.930,00	$41.990,00
4	434	$104.160,00	$31.930,00	$72.230,00
5	611	$146.640,00	$31.930,00	$114.710,00
GANANCIA NETA TOTAL				**$230.554,35**

El proyecto muestra una rentabilidad positiva con un crecimiento progresivo que genera ingresos significativamente superiores a los costos operativos.

- ***Valor Actual Neto (VAN).*** Permitió identificar la rentabilidad del proyecto y la toma de decisiones de invertir o no, se calculó a partir de la Ecuación 19.

$$\boldsymbol{VAR = -I_0 + \sum_{j=1}^{n} \frac{FNj}{(1+i)^j}} \qquad (19)$$

Donde

Io= Inversión inicial

FNj= Flujos netos para el periodo j

i= Tasa de descuento (costo de capital)

La tasa de descuento permitió calcular el valor presente de los flujos de efectivo futuros y se determinó mediante la Ecuación 20. Para este cálculo, se tomó como referencia la tasa de interés activa del 12,41%, correspondiente al segmento productivo empresarial, según lo establecido en el Anexo F publicado por el Banco Central del Ecuador. publicada por el Banco Central del Ecuador.

$$\boldsymbol{d = \frac{i}{1 + i}} \qquad (20)$$

Donde

d: tasa de descuento

i: tasa de interés

En el cálculo del (VAN) se usó los flujos de caja presentados en la Tabla 33 y la tasa de descuento de este proyecto es de 13,95%. El resultado obtenido fue un VAN de valor positivo que indica la viabilidad financiera del proyecto.

$$VAN = \$127.220{,}03$$

- ***Tasa Interna de Retorno (TIR).*** Los ingresos actualizados sean equivalentes a los egresos. En este sentido, la TIR reflejó el rendimiento porcentual del proyecto y permitió evaluar su viabilidad económica con la Ecuación 21. Un TIR superior a la tasa de descuento utilizado, indica que el proyecto es rentable.

$$\boldsymbol{TIR = \sum_{T=0}^{n} \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0} \quad (21)$$

Donde

F_n: flujo de caja en el periodo n

n: número de períodos

I: valor de la inversión inicial

La Tasa Interna de Retorno calculada para el proyecto fue del 91,70%, valor significativamente superior a la tasa de interés referencial del 13,95%. Esta diferencia evidenció la alta rentabilidad del proyecto y justifica la inversión.

$$TIR = 91{,}70\%$$

- ***Retorno sobre la Inversión (ROI).*** Se aplicó para medir la rentabilidad del proyecto en porcentaje con la Ecuación 22.

$$\boldsymbol{ROI = \frac{Ganancia\ neta}{Inversión\ Total}\, x\ 100} \quad (22)$$

Para la ganancia neta se sumó los flujos netos acumulados en el tiempo de proyección y se remplazó en la ecuación 21.

$$Ganancia\ Neta = \$230.554{,}35$$

Remplazado en la ecuación del ROI.

$$ROI = \left(\frac{230.554{,}35}{24.035{,}65}\right) x\ 100 = 959{,}22\%$$

Lo que mostró que el proyecto generó 9,59 veces el valor de la inversión inicial como ganancia neta.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La empresa Inpronet Ingeniería Cía. Ltda. consolidó una red de cobertura eficiente en el cantón Quero en épocas de pandemia, ha logrado destacarse por su capacidad para resolver problemas de manera oportuna, lo que permitió captar una amplia cartera de clientes. Entre sus logros más relevantes estuvo la migración exitosa de red inalámbrica a GPON, lo que fortaleció la confianza de los usuarios y generó un crecimiento sostenido en la demanda. Además, la inversión extra destinada a la continuidad del servicio durante los cortes de energía fue recuperada, lo que evidenció la sostenibilidad empresarial.

- El procesamiento y análisis de los datos permitió identificar las principales necesidades de los usuarios en la parroquia Belisario Quevedo como la falta de cobertura del servicio de internet en zonas aledañas y en los hogares que ya contaban con internet fijo, se observó que un porcentaje considerable experimentó interrupciones frecuentes en el servicio y expresó una valoración negativa respecto al soporte técnico recibido. Se concluyó que los factores más valorados al contratar un servicio de internet fueron la velocidad, estabilidad y relación calidad-precio, estos aspectos representaron las principales razones por las cuales los usuarios consideraron cambiar de proveedor, lo que evidenció una oportunidad favorable para la empresa en cuanto a su factibilidad de ingreso al mercado.

- Se evaluó que la implementación de una red GPON en la parroquia Belisario Quevedo fue técnicamente viable, dado que el cálculo óptico se mantuvo dentro de los parámetros establecidos por la normativa ITU-T G.984.6, que contempla márgenes de seguridad hasta 25 dB. La infraestructura propuesta permitió una distribución adecuada del servicio desde la OLT hasta los usuarios finales, garantizando escalabilidad al proyectar un crecimiento de 110 clientes en el año inicial a 611 en el año cinco, lo que representa una tasa anual de crecimiento del 40 % acorde con lo esperado por la empresa.

- La viabilidad económica demostró que el proyecto es rentable. Con una inversión inicial (CAPEX) de $24.035,65 y un OPEX anual de $31.930,00, la ganancia neta total generada por los suscriptores proyectados en 5 años alcanzan los $230.554,35. Los indicadores económicos calculados confirman que el proyecto no solo recupera la inversión en corto plazo, sino que genera ganancias sostenidas.

- Se propuso un diseño tentativo de la red GPON, alineado con la proyección de demanda de abonados en la parroquia y en criterios técnicos de ingeniería de planta externa. El diseño fue complementado con un estudio de ubicación estratégica de cajas NAP y puntos de fusión, con el propósito de minimizar las pérdidas ópticas y optimizar el rendimiento de la red. Además, se estimó la inversión requerida, considerando tanto los equipos activos como los pasivos y su rentabilidad.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que la empresa implemente un sistema de monitoreo continuo de la red que ofrece actualmente, acompañado de una infraestructura de respaldo operativa, con el objetivo de reducir los tiempos de respuesta del soporte técnico y garantizar la continuidad del servicio ante posibles fallos.

- Se sugiere que la oferta comercial se enfoque en optimizar la calidad del servicio, asegurando velocidades de descarga y una cobertura amplia, especialmente en las áreas aledañas, que representan clientes potenciales. También el servicio debe ofrecer un ancho de banda suficiente para cubrir la demanda de dispositivos conectados y el consumo de contenido en línea, manteniendo precios competitivos en el mercado.

- Ante el crecimiento proyectado de la base de clientes, se recomienda incrementar de forma progresiva el personal administrativo y técnico, capacitado en tecnología GPON, con el fin de garantizar un soporte técnico de calidad.

- Es necesario invertir en estrategias de marketing orientadas a mantener la tasa de crecimiento anual proyectada, incluyendo demostraciones del servicio ofertado para atraer y generar confianza en los potenciales clientes. Asimismo, se debe implementar un sistema de seguimiento del flujo de caja, costos operativos y desempeño de la red, que permita tomar decisiones oportunas sobre tarifas, mantenimiento e infraestructura, optimizando la rentabilidad del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] INEC, "Tecnologías de la información y comunicación," Jun. 2024. Accessed: Feb. 22, 2025. [Online]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2024/202407_Tecnologia_de_la_Informacion_y_Comunicacion-TICs.pdf

[2] "Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial," 2020. Accessed: Feb. 23, 2025. [Online]. Available: https://www.patronatomunicipallatacunga.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/PDOT-LATACUNGA-2020-2040-ALINEACION-PND-6.pdf

[3] A. Cortes, "Planificación de las topologías de las redes de acceso Fiber to the Home con tecnologías Gigabit Passive Optical Network," *Prisma Tecnologico, ISSN-e 2076-8133, ISSN 2312-637X, Vol. 10, Nº. 1, 2019 (Ejemplar dedicado a: Prisma Tecnológico), págs. 11-18*, vol. 10, no. 1, pp. 11–18, 2019, doi: https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2165.

[4] P. Cabezas and J. Cabrera, "Diseño de una red pasiva GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones en el cantón Macará," *Dominio de las Ciencias, ISSN-e 2477-8818, Vol. 6, Nº. 3, 2020 (Ejemplar dedicado a: Julio-Septiembre 2020), págs. 219-239*, vol. 6, no. 3, pp. 219–239, 2020, Accessed: Feb. 25, 2025. [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7539713&info=resumen&idioma=SPA

[5] J. Barrionuevo, "Diseño de la expansión de la red GPON de la empresa DATAAIR para el sector de Guanguibana en la ciudad de Píllaro.," Sep. 2021, Accessed: Mar. 01, 2025. [Online]. Available: http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/20612

[6] E. Ruiz, "Red GPON para la expansión de servicios de telecomunicaciones de la empresa Clicknet S.A. en el casco central de la ciudad de Patate.," Mar. 2022,

Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, Ambato. Accessed: Mar. 02, 2025. [Online]. Available: https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34898

[7] F. Alcoser, G. Vega, and R. Ramos, "Evaluación de los Servicios de la Red gpon de CNT de la Parroquia Barreiro Viejo del Cantón Babahoyo," *REICIT: Revista especializada de ingeniería y ciencias de la tierra, ISSN-e 2805-1874, Vol. 3, Nº. 1, 2023, págs. 77-92*, vol. 3, no. 1, pp. 77–92, 2023, doi: https://doi.org/10.48204/reict.v3n1.3951.

[8] J. Martín, *Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones*. España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A, 2004.

[9] "Propiedades Físicas de la Luz | blogfotounila." Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: https://blogfotounila.wordpress.com/2014/01/10/propiedades-fisicas-de-la-luz

[10] J. Luque Ordóñez, "Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico," *Manual formativo de ACTA, ISSN 1888-6051, Nº. 62, 2012, págs. 17-31*, no. 62, pp. 17–31, 2012, Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5738106&info=resumen&idioma=SPA

[11] H. O. Grazzini, *Fibras ópticas: conceptos teóricos y aplicaciones prácticas*. Jorge Sarmiento Editor - Universitas, 2020. [Online]. Available: https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/175155

[12] T. Perales, *Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT) y Radiocomunicaciones*, Primera. México D.F: Alfaomega Grupo Editor, S.A, 2014.

[13] Y. Rodriguez, "Fibra optica," 2009, *El Cid Editor | apuntes*. [Online]. Available: https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/28973

[14] “¿Qué tipo de cable se utiliza en la instalación aérea? | TLCOM.” Accessed: Apr. 05, 2025. [Online]. Available: https://tlcom.mx/que-tipo-de-cable-se-utiliza-en-la-instalacion-aerea

[15] “Fibremex | Líderes en Fibra Óptica y Telecomunicaciones de México.” Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: https://fibremex.com/fibra-optica/views/Blog/detalle.php?id=59&nom=fibra-optica-planta-externa

[16] “Cable Óptico Aéreo Auto-Soportado PKP Anti-Roedor Información Técnica Vanos 100m (Cable Tubo con Gel Cubierta NR)”, Accessed: Apr. 05, 2025. [Online]. Available: www.prysmiangroup.com

[17] “Instalaciones Aéreas: Métodos Autosoportado (ADSS) vs Devanado (Lashed) – Todo Fibra Óptica.” Accessed: Apr. 05, 2025. [Online]. Available: https://todofibraoptica.com/instalaciones-aereas-metodos-autosoportado-adss-vs-devanado-lashed/

[18] “Cable De Fibra óptica De Enterramiento Directo.” Accessed: Apr. 05, 2025. [Online]. Available: https://www.bonelinks.com/es/direct-buried-fiber-optic-cable

[19] V. Chávez Presentador, “optronics.com.mx INTRODUCCIÓN A FIBRA ÓPTICA PLANTA EXTERNA”.

[20] “Instalación de cable de fibra óptica por conductos,” FS. Accessed: Apr. 05, 2025. [Online]. Available: https://www.fs.com/es/blog/duct-installation-of-fiber-optic-cable-4887.html

[21] “Instalación de redes ópticas por el método de soplado: Optimizando tiempo, costo y calidad – Todo Fibra Óptica,” todofibraoptica. Accessed: Apr. 08, 2025. [Online]. Available: https://todofibraoptica.com/instalacion-de-redes-opticas-por-el-metodo-de-soplado-optimizando-tiempo-costo-y-calidad/

[22] “QUÉ ES... GPON (Gigabit Passive Optical Network)”, Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: www.fsanweb.org],

[23] N. Llangari, “REDES DE ACCESO GPON,” *Escuela Superior politécnica de Chimborazo*, 2015, Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php#sthash.digY

[24] “Repositorio Legal CNT.” Accessed: Apr. 05, 2025. [Online]. Available: https://www.cnt.com.ec/repositorio-legal

[25] L. D. Contreras Jefferson, M. R. Ibarra Maeli, V. A. Zambrano Narcisa, and L. R. Contreras Samuel, “Diseño de red GPON para la provisión de servicios empaquetados en la zona sur de la ciudad de Esmeraldas,” *TECNOLOGI-K*, vol. 5, no. 1, pp. 21–30, Jul. 2023, Accessed: Apr. 05, 2025. [Online]. Available: https://revista.istb.edu.ec/index.php/tecnologi-k/article/view/44

[26] C. Fernández and I. Matías, *Instalaciones de telecomunicaciones para edificios*. España, 2013.

[27] “CABLES EXTERIOR FIBRA ÓPTICA | www.electrosonteleco.com.” Accessed: Apr. 13, 2025. [Online]. Available: https://www.electrosonteleco.com/producto/cables-exterior-fibra-optica/

[28] “CABLES INTERIOR FIBRA ÓPTICA | www.electrosonteleco.com.” Accessed: Apr. 13, 2025. [Online]. Available: https://www.electrosonteleco.com/producto/cables-interior-fibra-optica/

[29] “Conectores Fibra Óptica - Silexfiber - Especialistas en fibra óptica, FTTH, Broadcast & LAN 1,” silexfiber. Accessed: Apr. 08, 2025. [Online]. Available: https://silexfiber.com/conectores-fibra-optica/

[30] “Fibras Opticas y Herrajes - Technowired.” Accessed: Apr. 13, 2025. [Online]. Available: https://www.technowired.net/fibras-opticas

[31] E. López Pastor, “DIVISORES ÓPTICOS (SPLITTERS) EN FTTH,” Apr. 2013.

[32] “Características y tipos de cajas ópticas en redes de fibra óptica | Keyfibre.” Accessed: Apr. 13, 2025. [Online]. Available: https://www.keyfibre.com/cajas-empalme-fibra-optica/

[33] M. Castells, “The Rise of the Network Society: With a New Preface, Volume I: Second Edition With a New Preface,” *The Rise of the Network Society: With a New Preface, Volume I: Second Edition With a New Preface*, Jan. 2010, doi: 10.1002/9781444319514.

[34] M. Smale and T. Jayne, “Maize in Eastern and Southern Africa : ‘ Seeds ’ of Success in Retrospect,” *Food Policy*, no. 97, pp. 1–79, 2003, Accessed: Nov. 23, 2024. [Online]. Available: https://archive.org/details/essentialsofinst0000brow

[35] “Preguntas frecuentes: 1. preguntas generales – Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: https://www.arcotel.gob.ec/1-preguntas-generales/#

[36] “El control total a las telecomunicaciones - Plan V.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: https://planv.com.ec/historias/el-control-total-telecomunicaciones/

[37] “Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: https://www.telecomunicaciones.gob.ec/valores-mision-vision/

[38] “Corporación Nacional de Telecomunicaciones.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: https://www.gob.ec/cnt

[39] “Tipos de Conexión a Internet y sus Ventajas - Netline.” Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: https://www.netline.net/tipos-de-conexion-a-internet-y-sus-ventajas/

[40] “ITU - T Recommendations On Qos And Qoe [d4pqk278p6np].” Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: https://idoc.pub/documents/itu-t-recommendations-on-qos-and-qoe-d4pqk278p6np

[41] “Inpronet.ec.” Accessed: May 27, 2025. [Online]. Available: https://www.inpronet.ec/

[42] P. DE Desarrollo Y Ordenamiento, P. DE BELISARIO QUEVEDO PRESIDENTE Tlgo Mario Ataballo Vaca VICEPRESIDENTE Sr Lorenzo Guitierrez VOCALES Sr Jorge Montachana Sra Nora Gonzales Ing Rodrigo Almachi, and C. DE PLANIFICACIÓN PARROQUIAL Tlgo Mario Ataballo Sr Jorge Montachana Sr Jaime Espinoza Sr Gustavo Chuqui Sr Luis Jeréz Tlga Mariela Castro, "GOBIERNOAUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL DE BELISARIO QUEVEDO GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO," 2018.

[43] G 984, "UIT-T Enmienda 1," 2008.

[44] FiberMex, "CABLE EXTERIOR FIGURA 8." Accessed: Jun. 01, 2025. [Online]. Available: https://fibremex.com/fibra-optica/views/Productos/configurables.php?codigo=C8

[45] FibreMex, "CABLE EXTERIOR MINI FIGURA 8." Accessed: Jun. 01, 2025. [Online]. Available: https://fibremex.com/fibra-optica/views/Productos/configurables.php?codigo=C8

[46] FiberMex, "CABLE EXTERIOR DIELÉCTRICO AUTOSOPORTADO ADSS PP." Accessed: Jun. 01, 2025. [Online]. Available: https://fibremex.com/fibra-optica/views/Productos/configurables.php?codigo=C5

[47] G 984, "ITU-T Rec. G.984.2," Mar. 2008. Accessed: Jun. 01, 2025. [Online]. Available: https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2-200803-S!Amd2

[48] López Julio, "NORMAS TECNICAS DIBUJO PLANTA EXTERNA COBRE - GPON Rev 5 | PDF | Red de computadoras | Dibujo," CNT. Accessed: Jun. 02, 2025. [Online]. Available: https://es.scribd.com/document/454464208/NORMAS-TECNICAS-DIBUJO-PLANTA-EXTERNA-COBRE-GPON-rev-5

[49] "Normativa técnica de diseño de planta externa con fibra óptica," CNT. Accessed: Jun. 04, 2025. [Online]. Available:

https://es.scribd.com/document/421988756/Norma-Tecnica-de-Diseno-de-ODN-Rev-final-2017-1

[50] K. Baque, “Diseño de un sistema de Fibra Óptica Planta Externa para proveer conectividad al sector Guasmo Sur de Guayaquil,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, Guayaquil, 2022. Accessed: Jun. 02, 2025. [Online]. Available: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/57115/1/T-113045%20BAQUE%20-%20DIAZ.pdf

ANEXOS

Anexo A. Censo Ecuador 2022

Censo Ecuador 2022

Tabulados

INEC Buenas cifras, mejores vidas

Tabla N°: 5.2

Nombre de la tabla: Tasa de crecimiento promedio anual 2010-2022, según parroquia de residencia

Fuente: VIII Censo de Población y VII de Vivienda

Elaboración: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) - Componente de Metodología y Análisis – CPV 2022

Índice

Provincia, cantón y parroquia de residencia			Población 2010	Población 2022	Tasa de crecimiento promedio anual 2010_2022
Cotopaxi			6,311	7,301	1.21
	Latacunga				
		Belisario Quevedo			

Nota 1. En el censo 2022, las viviendas ocupadas con personas ausentes fueron el insumo base para calcular la población no censada. Estas viviendas se incorporan a la categoría de viviendas particulares ocupadas al calcular indicadores y generar tabulados en los que esta condición de ocupación forme parte del cálculo.

Nota 2. Para fines de comparabilidad intercensal, la población de 2010 corresponde a aquella que declaró residir habitualmente en Ecuador. Es decir, se excluye a personas censadas que declararon residir en el exterior (turistas u otra condición de permanencia temporal en el país).

Anexo B. Encuesta

A continuación, se muestra el formato de la encuesta que se utilizó para el análisis de la demanda.

ENCUESTA SOBRE SERVICIO DE INTERNET EN BELISARIO QUEVEDO

Objetivo: Conocer la situación actual del servicio de internet en la parroquia y evaluar la demanda potencial para la expansión de una red de fibra óptica.

Por favor leer y responder acorde a lo solicitado a cada pregunta.

Encuesta dirigida para los habitantes de Belisario Quevedo

¿Cuál es su zona de residencia en la parroquia?

_____

¿Actualmente cuenta con servicio de internet en su hogar?

☐ Sí ☐ No

Si respondió "Sí", ¿qué proveedor utiliza?

_____

Si respondió "No", ¿cuál es la razón principal por la que no tiene internet?

☐ No hay cobertura en mi zona

☐ Es muy costoso

☐ No lo necesito

☐ Otro: _____

Si no tiene internet, ¿le interesaría adquirir un servicio de internet de fibra óptica en su hogar?

☐ Sí ☐ No

¿Para qué actividades utiliza el internet en su hogar?

☐ Educación en línea

☐ Trabajo o negocios (teletrabajo)

☐ Entretenimiento (videojuegos, streaming, redes sociales)

☐ Comunicación (correos, mensajería instantánea)

¿Con qué frecuencia sufre interrupciones en el servicio de internet?

☐ Nunca ☐ Rara Vez ☐ Muy frecuentemente

¿Cómo califica la calidad del servicio de soporte técnico de su proveedor?

☐ Bueno ☐ Regular ☐ Mal

¿Cuánto paga actualmente por el servicio de internet?

☐ Menos de $15

☐ $15 - $25

☐ $26 - $35

☐ $36 - $50

☐ Más de $50

¿Cuántas megas es su servicio de internet?

☐ Menos de 50 Mbps

☐ 50-100 Mbps
☐ 100-200 Mbps
☐ Más de 200 Mbps
☐ Desconozco la información

¿Considera que el precio que paga es adecuado para la calidad del servicio recibido?

☐ Sí ☐ No

¿Cuáles son los factores más importantes para usted al contratar un servicio de internet?

☐ Velocidad
☐ Precio
☐ Estabilidad de la red (sin cortes ni interrupciones)
☐ Atención al cliente

¿Cuántos dispositivos utilizan en su hogar para navegar en internet?

☐ 1-2 ☐ 3-4 ☐ 5-6 ☐ Más de 6

¿Cuál es su método de pago preferido para el servicio de internet?

☐ Pago en efectivo en la empresa
☐ Transferencia bancaria o depósito
☐ Débito automático (tarjeta de crédito o cuenta bancaria)

¿Ha considerado cambiar de proveedor de internet en los últimos 2 años?

☐ Sí ☐ No

¿Por cuál o cuáles de los siguientes motivos cambiaría de proveedor?

☐ Velocidad de conexión ☐ Estabilidad del servicio
☐ Atención al cliente ☐ Soporte técnico
☐ Precio

¡Gracias por su tiempo y colaboración!

Anexo C. Evidencias fotográficas de la aplicación de la encuesta

Se muestra las figuras captadas para evidencia de este apartado.



Figura 63. Centro de la parroquia Belisario Quevedo



Figura 64. Habitante encuestado de Culaguango



Figura 65. Habitante encuestado del Forastero



Figura 66. Habitante encuestado en Illuchi



Figura 67. Habitante encuestado en el Centro



Figura 68. Habitante encuestado en Galpón Loma



Figura 69. Habitante encuestado en Santa Rosa

Anexo D. Datasheet de cable ADSS

CABLE EXTERIOR DIELÉCTRICO AUTOSOPORTADO ADSS PP

Semiseco, Span 100 m

optronics.

CABLES Y SUJECIÓN



NÚMERO DE PARTE

OPCFOCE09SAXXB3B
XX= Número de fibras

*Imagen del producto solo representativa

DESCRIPCIÓN

Optronics® ofrece su Cable Exterior ADSS PP, el cual esta diseñado para instalaciones aéreas sin necesidad de un mensajero adicional. Sus fibras se resguardan en tubos holgados con gel, una solución para prevenir la infiltración de agua y mantener la humedad bajo control.

Este cable cuenta con una varilla de FRP e hilos de aramida, lo que le permite soportar tensiones durante la instalación y abarcar un span de hasta 100 metros sin inconvenientes. Además, posee una cubierta exterior de Polietileno de media densidad (MDPE) que le confiere una resistencia sobresaliente a los rayos UV, asegurando su durabilidad incluso en condiciones climáticas adversas.

- Tiempo de vida útil de 25 años
- Disponibe para span 200 m
- Aéreo autosoportado
- Cable semiseco
- Cubierta MDPE
- Protección contra rayos UV
- Cable para exterior
- Instalación aérea

/optronicsmx

CABLES Y
SUJECIÓN

CABLE EXTERIOR DIELÉCTRICO AUTOSOPORTADO ADSS PP

Semiseco, Span 100 m

optronics.

ESTRUCTURA

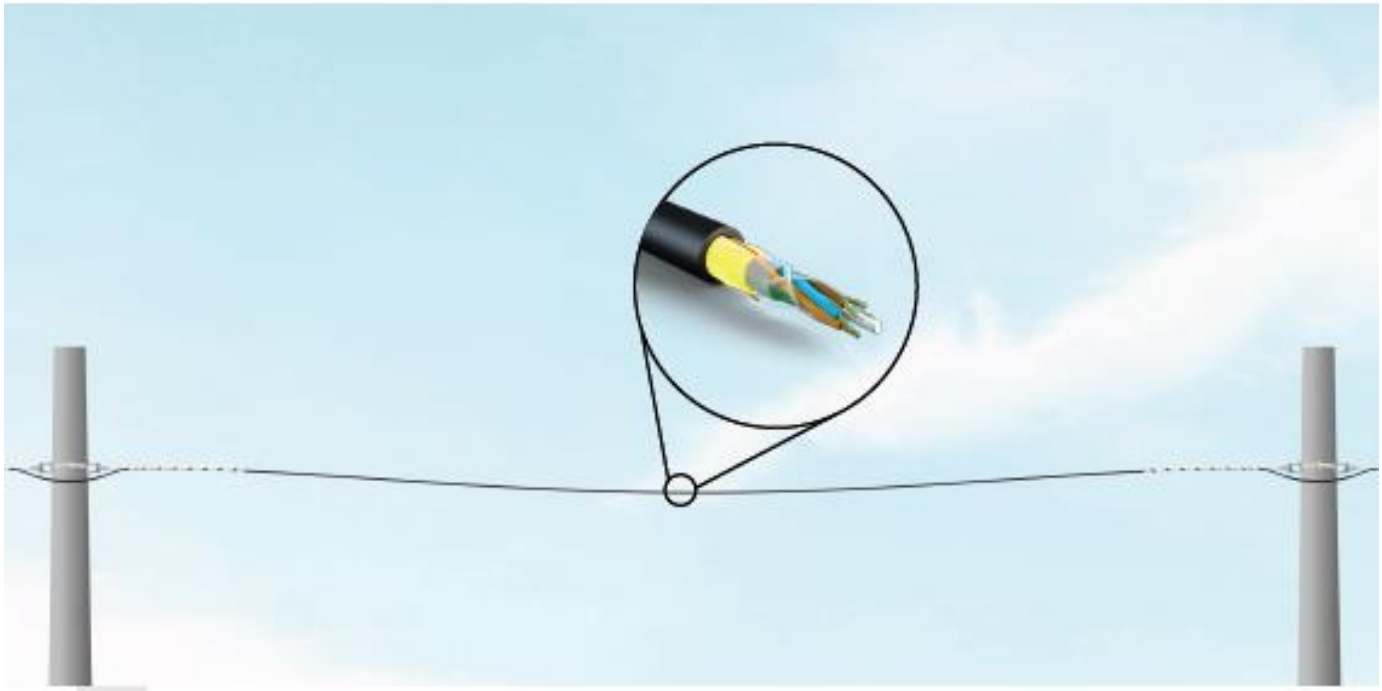


Cable Dieléctrico autosoportado ADSS PP

1 Hilo de apertura
2 Miembro central de fuerza FRP
3 Hilo para bloqueo de agua
4 Fibra óptica
5 Gel contra agua
6 Tubo holgado
7 Cinta para bloqueo de agua
8 Hilos de aramida
9 Cubierta MDPE

APLICACIÓN

En instalación aérea, el cable dieléctrico autosoportado ADSS PP es resistente con gran estabilidad en instalaciones aéreas con una distancia interpostal (span) de 100 metros.





CABLES Y
SUJECIÓN

CABLE EXTERIOR DIELÉCTRICO AUTOSOPORTADO ADSS PP

Semiseco, Span 100 m

optronics.

ESPECIFICACIONES DE FIBRA ÓPTICA		
Tipo de fibra	OS2 Monomodo G.652.D	
Diámetro de revestimiento	125 ±1 µm	
Concentricidad revestimiento-núcleo	≤0.6 µm	
No circularidad del revestimiento	≤1.0%	
Diámetro del recubrimiento	245 ±7 µm (Antes de color) 250 ±15 µm (Después de color)	
Concentricidad revestimiento-recubrimiento	12 µm	
Atenuación		
Longitud de onda (nm)	Valores máximos (dB/km)	
	Antes del cable	Después del cable
1310	≤ 0.36	≤ 0.36
1383	≤ 0.36	≤ 0.36
1550	≤ 0.20	≤ 0.22
1625	≤ 0.26	≤ 0.25
Dispersión		
Dispersión en 1285 - 1340 nm	≥ -3.6 ≤ 3.6 ps/(nm·km)	
Dispersión a 1550 nm	≤18 ps/(nm·km)	
Dispersión a 1625 nm	≤22 ps/(nm·km)	
Longitud de onda de dispersión cero	1300 - 1324 nm	
Pendiente de dispersión cero	≤0.091 ps/ (nm²·km)	
Diámetro del campo de modo (MFD)		
1310 nm	9.1 ±0.4 µm	
Punto de discontinuidad	≤0.05 dB	
Dispersión por modo de polarización (PMD)		
Individual por fibra	≤0.15 ps / √ km	
Valor de diseño de enlace (M= 20, Q= 0.01 %)	≤0.1 ps / √ km	
Corte longitud de onda		
λcc	≤1260 nm	
Atenuación inducida por la macro-curvatura		
100 vueltas alrededor de una mandril de 30 mm de radio	1550 nm	≤0.05 dB
100 vueltas alrededor de una mandril de 30 mm de radio	1625 nm	≤0.05 dB
Estándares		
ITU G652.D	IEC 60793-2-50 tipo B1.3	



CABLES Y
SUJECIÓN

CABLE EXTERIOR DIELÉCTRICO AUTOSOPORTADO ADSS PP

Semiseco, Span 100 m

optronics.

ESPECIFICACIONES DEL CABLE										
Número de fibras		12	24	36	48	60	72	96	144	288
Tubo holgado	Material	PP (Polipropileno)								
	Número	1	2	3	4	5	6	8	12	24
	Diámetro (±0.1 mm)	2.5								
	Colores	Basados en TIA 598								
Máximo de fibras por tubo holgado	G.652D	12								
	Colores	Basados en TIA 598								
Rellenos	Número	5	4	3	2	1	0	0	0	0
Miembro central de fuerza	Diámetro (mm)	2.8						3	3.5	3.5
	Material	FRP								
	Diámetro capa PE (mm)	--						6.2	7.4	6.8
Elemento de fuerza adicional	Material	Hilos de aramida								
Método de construcción		Tubos holgados en trenzado SZ								
Material contra bloqueo de agua	Material	Gel tixotrópico dentro del tubo, cinta bloqueadora de agua e hilos alrededor del núcleo como bloqueador de agua y humedad								
Cubierta externa	Color	Negro								
	Material	MDPE								
	Espesor (mm)	Nominal: 1.5								Nominal: 1.7
Hilos de apertura	Número	2 + 2								
	Color	Rojo								
Dimensión del cable	Diámetro (±0.5 mm)	11.6						12.9	16.1	19.0
Peso del cable	Aprox. (kg/km)	115						138	210	285
Rendimiento mecánico										
Distancia máxima del poste	SPAN (m)	100								
Rango de curvatura	Estático	10 x D (Diámetro del cable)								
	Dinámico	20 x D (Diámetro del cable)								
Aplastamiento	Corto plazo (N)	2200								
	Largo plazo (N)	1100								
Tensión máx. permitida		3200 N								
Prueba de nivel de estrés		> 100 kpsi (0.69 Gpa)								
Fuerza de la tira de revestimiento	Valor máximo (N)	1.3 – 8.9								
Curvatura de la fibra	Radio	> 4 m								
Condiciones ambientales y de instalación										
Temperatura de operación		-40 a +70 °C								
Temperatura de almacenaje		-40 a +70 °C								
Velocidad máxima del viento		25 m/s								
Espesor máximo del hielo		0								
Sag (Instalación inicial)		1.00%								
Vida útil		25 años sin que las características de transmisión o de funcionamiento y mantenimiento del cable se vean perjudicadas.								
Estándares										
Telcordia GR-20-CORE		IEC 60794-1-2								



CABLES Y
SUJECIÓN

CABLE EXTERIOR DIELÉCTRICO AUTOSOPORTADO ADSS PP

Semiseco, Span 100 m

optronics.

PRUEBAS AMBIENTALES Y MECÁNICAS		
Tensión	IEC 60794-1-21-E1 Carga: De acuerdo a 3.5 Longitud de muestra: No menor a 50 m Tiempo de duración: 1 minuto	Atenuación adicional <0.1 dB después de la prueba Sin daños en cubierta externa y elementos internos
Aplastamiento	IEC 60794-1-21-E3 Carga: De acuerdo a 3.5 Duración de carga: 1 min	Atenuación adicional <0.1 dB después de la prueba Sin daños en cubierta externa y elementos internos
Impacto	IEC 60794-1-21-E4 Radio: 300 mm Energía de impacto: 4.5 J Número de impactos: 1 Puntos de impacto: 3	Atenuación adicional <0.1 dB Sin daños en cubierta externa y elementos internos.
Curvatura	IEC 60794-1-21-E11A Radio de mandril: 10 x D Vueltas: 4 Ciclos: 3	Atenuación adicional <0.1 dB Sin daños en cubierta externa y elementos internos.
Curva repetida	IEC 60794-1-21-E6 Radio de curvatura: 20 x D Ciclos: 25 Carga: 150 N	Atenuación adicional <0.1 dB Sin daños en cubierta externa y elementos internos
Torsión	IEC 60794-1-21-E7 Ciclos: 10 Longitud de muestra: 1 m Vueltas: ±180° Carga: 150 N	Atenuación adicional <0.1 dB Sin daños en cubierta externa y elementos internos
Penetración de agua	IEC 60794-1-22-F5B Tiempo: 24 horas Longitud de muestra: 3 m Altura del agua: 1 m	No hay fugas de agua
Ciclos de temperatura	IEC 60794-1-22-F1 Longitud de la muestra: Al menos 1000 m Rango de temperatura: -40 a +70°C Ciclos: 2 Tiempo de permanencia de la prueba de ciclos de temperatura: 12 horas	La variación del coeficiente de atenuación deberá ser inferior a 0.1 dB/km a 1310 y 1550 nm



ZXA10 C620 Datasheet

ZXA10 C620 is a 2U high capacity optical access equipment based on TITAN platform. It meets the full-scenario access needs of ultra-high bandwidth, big video, FMC and network re-architecture, and provides the integration of transmission and access, as well as carrier-class QoS and security.

DC Shelf:



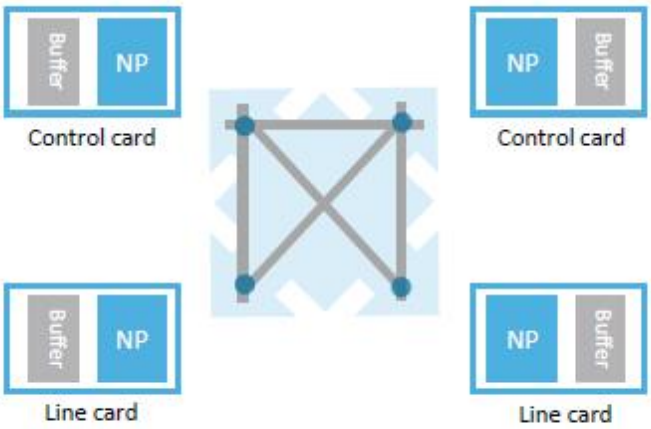
AC Shelf:



Key Features

System architecture

- Programmable Network Processor(NP)
- Support control and forwarding planes separate.



Access Features

- 32 GPON, 10G PON, Any-PON or Combo PON ports.
- Three generations of PON technologies and directions, and two generations PON(GPON and XG(S)-PON) in one card.
- Support full services and scenarios access, such as big video, 5G bearing, Access office re-architecture, etc.

© ZTE Corporation. All rights reserved

ZTE

ZXA10 C620 Datasheet

Hardware Features

- **Shelf configuration**
  - Total 6 slots (AC) / 7 slots (DC)
  - 2 slots for service cards
  - 2 slots for switch & control cards
  - 1 slot for AC power card / 2 slots for DC power cards
  - 1 slot for fan module
- **System capability**
  - Switching capacity of backplane bus: 1.8 Tbit/s
  - Switching and control card: 240 Gbit/s
  - System switching capacity: 480 Gbit/s
- **Uplink interface card**
  - 4 * 10GE/GE uplink per card (on switching and control card
- **Subscriber card density**
  - GPON card: 16 ports per card
  - XGS-PON card: 16 ports per card
  - XG-PON card: 16 ports per card
  - XG-PON & GPON Combo PON card: 16 Combo PON ports per card
  - XGS-PON & GPON Combo PON card: 16 Combo PON ports per card
  - Any-PON card: 16 Any-PON ports per card
  - 10G-EPON card: 16 ports per card
  - P2P card:16 ports 10GE SFP+/GE SFP, or 24 CSFP P2P GE/FE (supports 48-port)
- **Management & Maintenance**
  - 1 out-of-band management interface
  - 1 maintenance serial interface
  - 1 Environmental detection serial interface
  - 1 clock interface provided by SPUFS
  - 1 line card debugging serial interface

PON Features

- **GPON**
  - Compliant to ITU G.984.x, G.988
  - Support up to 1:128 optical split ratio
  - Support OLS (Optical Line Supervision)
  - Support optical link protection
  - Support downstream/upstream FEC
  - Supports AES-128 encryption
  - Maximum logical distance: 60 km
  - Maximum differential distance: 40 km maximum physical distance : 60 km
- **XG-PON**
  - Compliant to ITU G.987.x and G.988
  - Support up to 1:256 optical split ratio
  - Support OLS (Optical Line Supervision)
  - Support optical link protection
  - Support downstream/upstream FEC
  - Supports AES-128 encryption
  - Maximum logical distance: 60 km
  - Maximum differential distance: 40 km maximum physical distance : 60 km

© ZTE Corporation. All rights reserved

XGS-PON

- Compliant to ITU G.9807 and G.988
- Support up to 1:256 optical split ratio
- Support OLS (Optical Line Supervision)
- Support optical link protection
- Support downstream/upstream FEC
- Supports AES-128 encryption
- Maximum logical distance: 60 km
- Maximum differential distance: 40 km maximum physical distance : 60 km

Combo PON

- Each port integrates GPON optical module, XG-PON/XGS-PON optical module and WDM1r
- Support up to 1:128 optical split ratio
- Support OLS (Optical Line Supervision)
- Support optical link protection
- Support downstream/upstream FEC
- Supports AES-128 encryption
- Maximum logical distance: 60 km
- Maximum differential distance: 40 km maximum physical distance : 60 km

L2/L3 Features

L2 Features

- Access control: MAC filtering, ACL
- L2-port: Physical Ethernet ports, logical Vports and aggregation ports, support L2 services and TPID configuration
- 128K mac address, 1:1 VLAN, N:1 VLAN and TLS VLAN, VLAN translation, VLAN stacking, flexible QinQ
- Permanent MAC, MAC address aging/learning/query/number limit
- Uplink protocol: STP/RSTP/MSTP, LACP

L3 Features

- Basic routing: unicast routing forwarding, static route, IP based load balance, ECMP
- Dynamic routing: RIPv1/v2, OSPFv2/v3, BGP4, IS-IS v2, graceful restart, MD5, etc.
- DHCPv4: DHCP relay/proxy, Option 82, Option 60
- ARP: ARP protocol, ARP Proxy
- IPV4 host route table: 64K
- IPV6 host route table: 64K

QoS Features

- Supports SP, WRR, and SP+DWRR queue scheduling on Ethernet ports, PON ports, and Vports
- DSCP labeling and relabeling
- Traffic statistics
- H-QoS
- Stream classification, rate limiting, shaping and priority setting
- Congestion Avoidance: tail drop, color-based RED, WRED
- Configuration of CIR/PIR/CBS/PBS/CM, TrTCM(Two Rate Three Color Marker)

© ZTE Corporation. All rights reserved

Security Features

- **System security**
  - L4 port disable
  - CPU protocol packet rate limit and scheduling
- **Service security**
  - MAC address anti-drifting
  - DHCP service security
  - Port isolation: Uplink port/User port
  - Broadcast packets separation based on VLAN
- **Network security**
  - Broadcast/multicast flooding rate limitation
  - Forwarding panel protocol packet rate limit
  - Downstream ARP filtering
  - DHCP anti-spoofing
  - Anti-DoS attack
  - ARP/IP anti-spoofing
  - IP Source Guard
  - ACL

OAM Features

- Management protocol and interface: CLI, Telnet/SSHv2, SNMP v1/v2/v3, IGMP/MLD proxy/snooping model, Alarm and performance model
- Performance statistic and diagnosis
- Remote firmware download and upgrade
- Environment detecting, control and alarm
- Ethernet OAM: 802.1ag/Y.1731
- System fault auto-recovery and performance detection

Multicast

- IGMP v1/v2/v3, IGMP snooping, IGMP proxy, SPR, and Router
- MLD v1/v2
- Multicast VLAN: 4K
- IGMP multicast group quantity: 4K
- ASM/SSM mode based on IGMPv3 and MLDv2
- Supports SCB multicast forwarding and L3 multicast forwarding
- Global or VLAN protocol enable or disable

Power Supply

- DC Working voltage: -48 V (±20%), or -60 V (±20%)
- AC Working voltage: 100V ~ 240V

© ZTE Corporation. All rights reserved

Environment

- Operating temperature-40 ℃ ~ 65 ℃ for overall unit
- Starting up temperature ≥ -25℃
- Operating humidity: 5% ~ 95%, non-condensing
- Altitude: ≤ 4000 m
- Air pressure: 70 kPa~106 kPa

Dimensions

- Shelf: 88.1 mm x 482.6 mm x 283.5 mm (Height × Width × Depth)

Weight

- Empty chassis: 3.93 kg
- Full configuration: < 13 kg

© ZTE Corporation. All rights reserved

Anexo F. Diseño de la Red

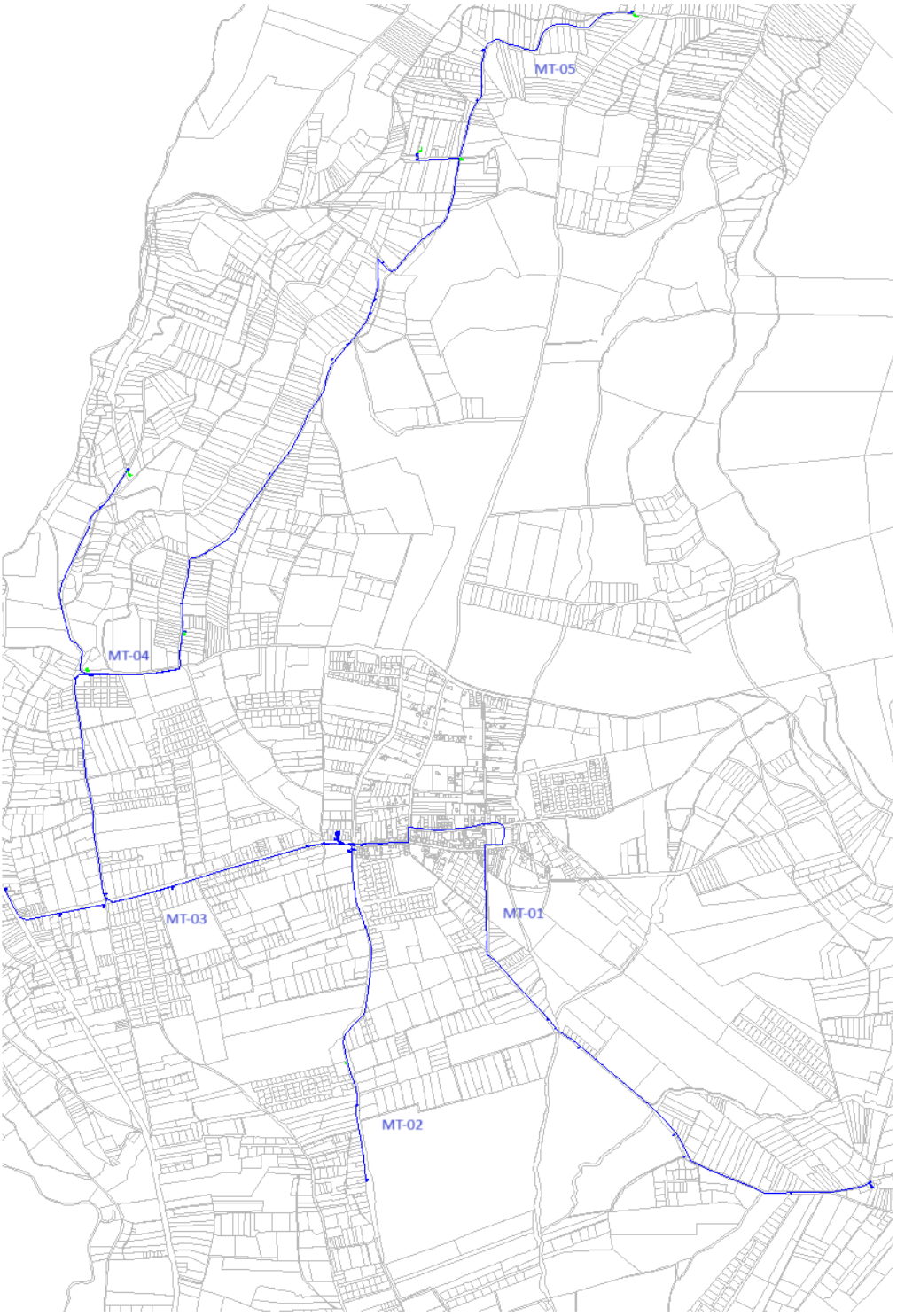


Figura 70. Vista de toda la red



Figura 71. Central

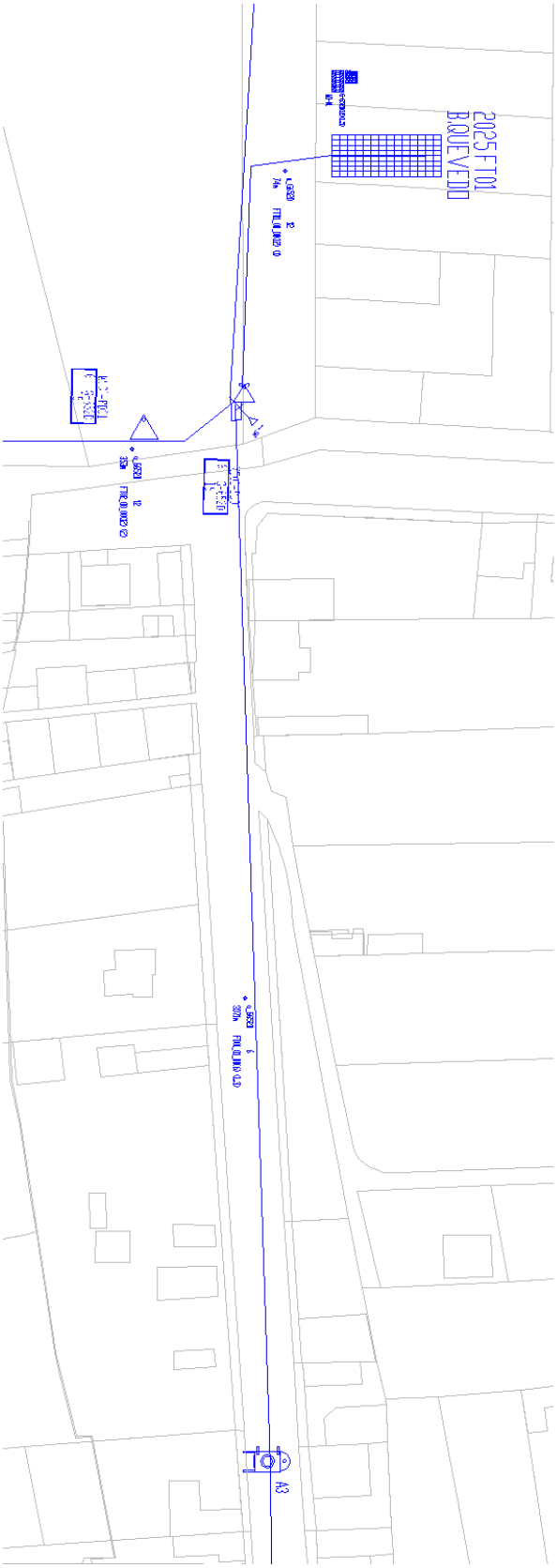


Figura 72. NAP más cercana en Centro de Belisario Quevedo

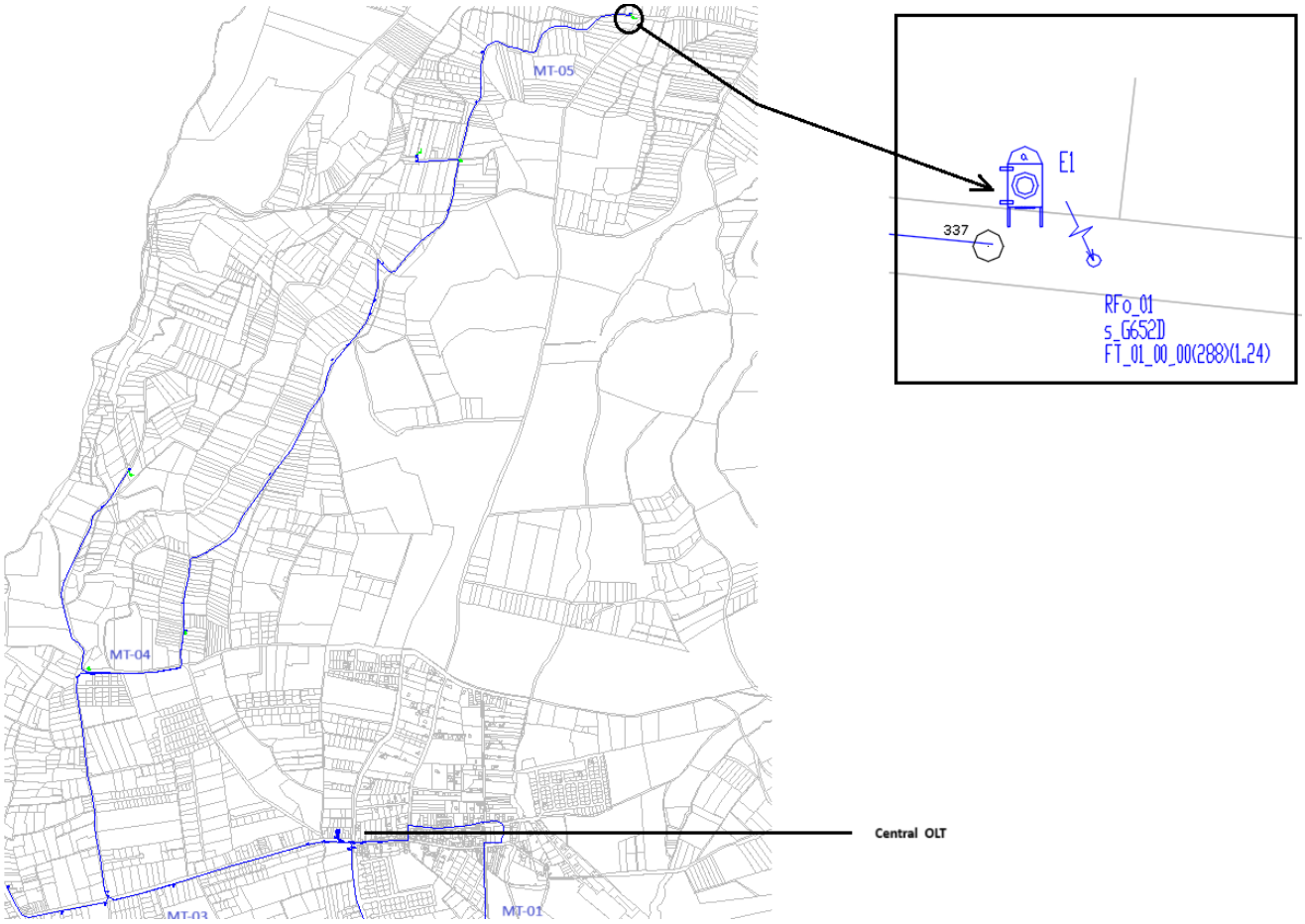


Figura 73. NAP más lejana en Culaguango

Anexo G. Tasa de interes activas efectivas máximas

Junta de Política y Regulación Financiera

TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS MÁXIMAS
Porcentajes

Junio 2025

1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS MÁXIMAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO ESTABLECIDAS POR LA JUNTA DE POLÍTICA Y REGULACIÓN FINANCIERA

Tasas de Interés Activas Máximas[1]

Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento[2]	% anual
Productivo Corporativo	10,92
Productivo Empresarial	12,41
Productivo PYMES	11,72
Consumo	16,77
Educativo	9,50
Educativo Social	7,50
Vivienda de Interés Público	4,99
Vivienda de Interés Social	4,99
Inmobiliario[3]	11,11
Microcrédito Minorista	28,23
Microcrédito de Acumulación Simple	24,89
Microcrédito de Acumulación Ampliada	22,05
Inversión Pública	9,33

1. De acuerdo a la Resolución No. JPRF-F-2023-070 de 22 de junio 2023, de la Junta de Política y Regulación Financiera
2. Según la Resolución 603-2020-F, de la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera.
3. Según la Resolución No. JPRF-F-2024-0104 de 15 de marzo de 2024, de la Junta de Política y Regulación Financiera.

2. MARCO LEGAL

RESOLUCIÓN No. JPRF-F-2023-070
RESOLUCIÓN No. JPRF-F-2022-053
RESOLUCIÓN NO JPRF-F-2022-031
RESOLUCIÓN No. JPRF-F-2021-004

Para mayor información: https://jprf.gob.ec/wp-content/uploads/2025/05/Tasas_Junio_2025.pdf