UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADO

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH-GPON PARA EL SECTOR PORVENIR, ROSITAS Y TUPAC KATARI, UBICADO EN LA URB. SEÑOR DE LAGUNAS-SAN ROQUE, DE LA CIUDAD DE EL ALTO”

POSTULANTES: Ariel Wilmer Choque Condori

Santos Miguel Coria Suma

TUTOR: Ing. Clifford Paravicini Hurtado

LA PAZ – BOLIVIA

2022

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA

LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

Proyecto de Grado Presentado al Tribunal Docente integrado por:

- Ing. Marcelo Gutiérrez Guachalla
- Ing. Hugo Balderrama Barrios

Para completar las exigencias del grado de licenciatura en ingeniería electrónica

La Paz – Bolivia

DEDICATORIA

A mi madre,
por su esfuerzo, comprensión y paciencia.
Santos Miguel Coria Suma

A mi Familia que siempre será el pilar fundamental en mi vida.
Ariel Wilmer Choque Condori

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a Dios quien nos guía e ilumina en nuestro diario vivir.

Agradecimiento a nuestras familias quienes son el pilar de nuestras vidas.

Agradecimiento a la carrera de ingeniería electrónica quien nos brindó los conocimientos necesarios para poder desarrollar, analizar diferentes tipos de situaciones en el ámbito laboral.

Agradecimiento al Ing. Cliffor Paravicini por su predisposición y ayuda en todo el desarrollo del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS v
ÍNDICE DE TABLAS viii
1 INTRODUCCION 3
1.1 Planteamiento del problema 3
1.2 Formulación del problema 4
1.2.1 Hipótesis 4
1.3 Objetivos 4
1.3.1 Objetivo general 4
1.3.2 Objetivos específicos 4
1.4 Justificación del estudio 5
1.4.1 Justificación Social 5
1.4.2 Justificación económica 5
1.4.3 Justificación Académica 5
1.4.4 Justificación Técnica 5
1.5 Limites 5
1.6 Alcances 6
2 MARCO TEÓRICO 6
2.1 Fundamentos de fibra óptica 6
2.2 Composición de la Fibra Óptica 6
2.3 Clasificación de la Fibra Óptica 7
2.3.1 Fibra mono modo 8
2.3.2 Fibra Multi modo 8
2.4 Componentes de Fibra óptica tipos y características 8
2.4.1 Tipos de conectores 8
2.4.1.1 Conector FC 9
2.4.1.2 Conector ST 10
2.4.1.3 Conector LC 10
2.4.1.4 Conector SC 11
2.4.2 Tipos de pulido 11
2.4.3 Acoplador o adaptador 12

2.4.3.1 Adaptador LC 13
2.4.3.2 Adaptador FC 13
2.4.3.3 Adaptador SC 13
2.4.3.4 Adaptador ST 14
2.5 Atenuación y perdidas 14
2.5.1 pérdidas por absorción 15
2.5.2 Pérdidas por dispersión 15
2.5.3 Perdidas por unión o empalme 15
2.5.4 Pérdidas del conector - acople 15
2.5.5 Perdidas por curvatura o flexión 15
2.6 Ventajas y desventajas de la Fibra Óptica 16
2.7 Arquitecturas de Redes FTTx 17
2.8 Topologías de redes FTTx 19
2.8.1 Topología centralizada P2P 19
2.8.2 Topología distribuida P2MP 20
2.9 Aplicaciones de las REDES FTTH 21
2.10 Red óptica pasiva PON 21
2.11 Funcionamiento de una Red PON 22
2.11.1 Canal descendente Rx (Downstream) 23
2.11.2 Canal ascendente Tx (Upstream) 23
2.12 Tecnologías GPON, Servicio de mapeo GPON punto a punto 23
2.13 Elementos que conforman la RED FTTH-GPON 24
2.13.1 Núcleo de Red 25
2.13.2 Oficina Central 25
2.13.2.1 Terminal de línea óptica OLT 25
2.13.2.2 Marco de distribución óptica ODF 27
2.13.3 Línea o Red de alimentación 27
2.13.3.1 Cable de fibra Drop. 27
2.13.4 Red de Distribución 29
2.13.4.1 Punto de Acceso a la Red NAP 29
2.13.4.2 Divisor Óptico o Splitter, ... 29
2.13.5 Área de Usuario 31

2.13.5.1 Roseta 31
2.13.5.2 Terminal de Nodo Óptico ONT 31
2.14 Normas y estándares en la implementación para redes FTTH 32
2.14.1 Estándar ITU-T G.983.X..... 32
2.14.2 APON (ATM PON) - ITU-T G.983.1 32
2.14.3 BPON (Broad band PON) - ITU-T G.983.x..... 32
2.14.4 GPON (Gigabit PON) - ITU-T G.984.x 33
2.15 Estándar IEEE 802.3ah..... 36
2.15.1 EPON (Ethernet PON) 36
2.15.2 ITU-T G-652 Características de un cable de fibra óptica monomodo..... 38
2.15.3 Estándar G.657 para Fibra Óptica 38
3 INGENIERIA DEL PROYECTO 41
3.1Planificación de la red FTTH 41
3.2Relevamiento de servicios tecnológicos alámbricos actuales 41
3.2.1 Cobertura de la empresa ENTEL S.A 42
3.2.2 Cobertura de la empresa TIGO..... 42
3.2.3 Cobertura de la empresa AXS 43
3.3Relevamiento de los sectores 44
3.3.1 Relevamiento sector Porvenir I 44
3.3.2 Relevamiento sector Tupac Katari 47
3.3.3 Relevamiento Villa Rositas..... 49
3.4Demanda del sector para abonados 51
3.4.1 Ubicación de la oficina central (central de acceso) 52
3.5Diseño de planta externa 53
3.5.1 Postación eléctrica 53
3.5.2 Diagrama unifilar 54
3.5.3 Tramos de la Red urbana y Red de distribución 55
3.6Presupuesto de pérdidas y potencias ópticas del diseño de red FTTH..... 60
3.7Implementación y funcionamiento del prototipo de red FTTH en laboratorio ... 67
3.7.1 Equipos para la Central de Acceso 67
3.7.2 Configuraciones MIKROTIK-OLT..... 68
3.7.2.1 Configuración de la OLT 69

3.7.2.2 Configuraciones del MICROTIK. 75
3.7.3 Materiales para la red de distribución..... 77
3.7.4 Equipos y materiales hacia el abonado final 80
3.7.4.1 Configuración de la ONT.....80
3.8Funcionamiento de la red..... 81
3.8.1 Potencias de cajas NAP en pruebas de laboratorio 82
4 ANÁLISIS ECONÓMICO 84
4.1Costo inicial prototipo 84
4.2Costo estimado inicial del diseño de la red 85
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 86
5.1Conclusiones..... 86
5.2Recomendaciones..... 87
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA 88
7 ANEXOS 90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fibra óptica..... 7
Figura 2. Parte interna de la Fibra Óptica..... 7
Figura 3. Fibra óptica monomodo..... 8
Figura 4. Fibra Óptica Multi modo. 8
Figura 5. Diagrama de conector SC. 9
Figura 6. Conector FC. 10
Figura 7. Conector ST. 10
Figura 8. Conector LC. 11
Figura 9. Conector SC. 11
Figura 10. Pulidos de la férula de fibra óptica. 12
Figura 11. Tipos diferentes de adaptadores de fibra óptica..... 13
Figura 12. Factores de atenuación y perdidas. 16
Figura 13. Clasificación de Red FTTx. 19
Figura 14. Esquema de topología centralizada P2P..... 20
Figura 15. Esquema de topología distribuida P2MP..... 20
Figura 16. Multiplexación de Rx y Tx..... 23
Figura 17. Servicio de Mapeo GPON ONU a OLT 24
Figura 18. Elementos de planta externa e interna. 25
Figura 19. Difusión de la red GPON. 26
Figura 20. OLT GPON HUAWEI..... 26
Figura 21. Bandeja ODF..... 27
Figura 22. Estructura del cable drop..... 28
Figura 23. Radio mínimo de curvatura ITU-T G.652 e ITU-T G.657..... 28
Figura 24. Caja NAP de 8 puertos..... 29
Figura 25. Caja NAP de 16 Puertos. 29
Figura 26. Funcionamiento genérico splitter 1:4..... 30
Figura 27. Splitter 1:4. 30
Figura 28. Roseta Óptica..... 31
Figura 29. Tipos de cable de fibra óptica tipo drop..... 39
Figura 30. Cobertura FTTH ENTEL S.A 42

Figura 31. Cobertura HFC TIGO 43
Figura 32. Cobertura FTTH AXS 44
Figura 33. Área de cobertura para el diseño de la red sector Porvenir I. 45
Figura 34. Sector Porvenir I. 46
Figura 35. Casas del sector Porvenir I. 46
Figura 36. Área de cobertura para el diseño sector Tupac Katari. 47
Figura 37. Sector Tupac Katari 48
Figura 38. Casas del sector Tupac Katari. 49
Figura 39. Área de cobertura para el diseño sector Villa Rositas. 49
Figura 40. Sector Villa Rositas. 51
Figura 41. Casas del sector Villa Rositas. 51
Figura 42. Oficina Central 53
Figura 43. Postación eléctrica 54
Figura 44. Diagrama unifilar de la red FTTH. 55
Figura 45. Tramo A de la Red FTTH. 56
Figura 46. Tramo B, C y D de la red FTTH. 57
Figura 47. Tramo E de la red FTTH. 58
Figura 48. Tramo F y G de la red FTTH. 59
Figura 49. Tramo H de la red FTTH. 60
Figura 50. Interconexión de los equipos de la Oficina Central. 68
Figura 51. Conexión de los equipos principales 68
Figura 52. Mapeo de comandos principales 69
Figura 53. Configuracion inicial de la OLT 72
Figura 54. Previo a la configuracion estado inicial de la OLT 72
Figura 55. Configuracion de los puertos UP-link de la OLT 73
Figura 56. Configuracion para el registro de la ONU 74
Figura 57. Interfas WinBox 76
Figura 58. Configuraciones de la VLAN 76
Figura 59. Configuración protocolo PPPoE 77
Figura 60. Armado caja NAP 1A 77
Figura 61. Medición de potencia de la caja NAP 1A 78

Figura 62. Armado de la caja NAP 6 78
Figura 63. Medición de potencia Caja NAP 5-A 79
Figura 64. Armado de cajas NAP 1-A y NAP 5-A con Splitters 79
Figura 65. Última Milla 80
Figura 66. Configuraciones en el MODEM 81
Figura 67. Medición de potencia en la caja NAP 1-A puerto 9 82
Figura 68. Medición de potencia en la caja NAP 5-A puerto 4 83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla resumen con las características de las tecnologías FTTx. ... 18
Tabla 2. Atenuación de splitter ópticos según el número de salidas. 30
Tabla 3. Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.x) . 34
Tabla 4. Comparativa de las principales tecnologías sobre PON..... 37
Tabla 5. Especificaciones en curvatura de la NORMA ITU-T G.657 39
Tabla 6. Cantidad de hogares por manzana en sector Porvenir I. 45
Tabla 7. Cantidad por hogares por manzanas en sector Tupac Katari 47
Tabla 8. Cantidad de hogares por manzanas del sector Villa Rositas. 50
Tabla 9. Conteo de elementos Tramo A Sector Porvenir I. 56
Tabla 10. Tramos B, C Y D, sector Porvenir I y Tupac Katari. 57
Tabla 11. Conteo del tramo E, sector Tupac Katari..... 58
Tabla 12. Conteo del tramo F y G, sector Tupac Katari y Villa Rositas. 59
Tabla 13. Conteo tramo H, sector Villa Rositas..... 60
Tabla 14. Datos para el cálculo de potencia óptica de la red FTTH. 61
Tabla 15. Cálculo de potencia disponible en la red FTTH..... 61
Tabla 16. Valores de atenuación para el presupuesto óptico..... 62
Tabla 17. Atenuación caja NAP 1A valores teóricos. 63
Tabla 18. Atenuación caja NAP 2 A valores teóricos. 63
Tabla 19. Atenuación caja NAP 3 A valores teóricos. 64
Tabla 20. Atenuación caja NAP 4 A valores teóricos. 64
Tabla 21. Atenuación caja NAP 5 A valores teóricos. 65
Tabla 22. Atenuación caja NAP 6 A valores teóricos. 66
Tabla 23. Atenuación caja NAP 7 A valores teóricos. 66
Tabla 24. Potencias de las cajas NAP 1 y 5..... 82
Tabla 25. Costos en planta interna (laboratorio). 84
Tabla 26. Costos materiales red de distribución (laboratorio). 84
Tabla 27. Costos abonado final (laboratorio). 84
Tabla 28. Costo estimado de inversión 85

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

FTTH. Fiber To The Home. Red de fibra hasta el hogar.

PON. Passive Optical Network. Red Optica punto-multipunto en la que no existen elementos activos entre las instalaciones del operador (OLT) y el equipo terminal del usuario (ONT).

FRP. Fiber reinforced polymers. Poliméricos Reforzados con fibras.

LSZH. Low smoke zero halogen. Baja emisión de humos cero halógenos.

UV. Ultra violet. ultra violeta

GPON. Gigabit-Capable Passive Optical Network. Conjunto de recomendaciones G.984.x del ITU-T.

OLT. Optical Line Terminal. Equipo de central.

ONT/ONU. Optical Network Termination (Unit). Equipo de usuario.

ITU-T. International Telecommunication Union-telecommunication, Standardization Sector. Union internacional de Telecomunicaciones - telecomunicacion, sector de Normalizacion.

WDM. Wavelength División Multiplexing o Multiplexación por longitud de onda.

IEEE. Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

PEM. (PON encapsulation method), método de encapsulación en red óptica pasiva.

PLOAM. (Physical Layer Operation, Administration and Management).

ATM. (Asynchronous transfer mode) modalidad de transferencia asíncrona.

SDH. (Synchronous digital hierarchy) Jerarquía digital sincrónica.

BPON. (Broad ban Passive Optical Network) banda ancha en red pasiva óptica.

IP. (Internet Protocol), protocolo de internet.

GFP. (General Framing Procedure), Procedimiento General Procedure.

DES. (Data Encryption Standard), Estandar de cifrado de datos.

TDMA. (Time División Múltiple Access), Acceso múltiple por división de tiempo.

TDM. (Time Division Multiplexing). Multiplexación por división de tiempo.

SONET. (Synchronous Optical Network), Red Optica sincronizada.

P2P. (per to per). Punto a punto.

P2MP. (per to multi per), Punto a multi punto.

PSTN. (Public Switched Telephone Network) red telefónica publica conmutada.

ODF. (Optical Distribution Frames), marcos de distribución óptica.

ADSS. (All Dielectric Self Supported), completamente dieléctrico y auto soportado.

LC. (Little Conector), conector pequeño.

FC. (*Ferrule Connector*), conector de ferula.

ST. (Straight Tip). Punta Recta.

SC. (Square Connector), Conector Cuadrado.

PC. (Physical Contact), Contacto Físico.

UPC. (Ultra Physical Contact), Ultra Contacto Físico.

APC. (Angled Physical Contact), Contacto Físico en Ángulo.

RESUMEN

Este trabajo se diseñó e implemento mediante un prototipo genérico simulado en laboratorio, para los sectores de la posible demanda, la urbe elegida para el estudio ha sido considerado la Urbanización Señor de Lagunas - San Roque ubicada en la ciudad de El Alto. Por efectos del post-covid, en el sentido que las instituciones públicas y privadas optaron por la enseñanza a distancia, convirtiendo el acceso a internet en un servicio básico que actualmente está en el Artículo 20 de CPE.

Se optó por un diseño de red FTTH con tecnología GPON, a fin de brindar acceso a internet a lugares alejados donde las empresas reconocidas de telecomunicaciones no tienen cobertura debido a la lejanía de este sector. Previo a la implementación de este diseño de red FTTH, se realizó un prototipo de implementación con las configuraciones necesarias en los equipos principales, simulando la 1ra y 5ta caja NAP a través de un presupuesto óptico analizando las pérdidas y atenuaciones de cada uno de los elementos y etapas de la red con los valores teóricos y prácticos.

Al finalizar el proyecto, se realizó un análisis económico de los equipos y materiales necesarios a utilizar para su posterior implementación en campo.

Palabras claves: FTTH-GPON, acceso internet Art. 20 CPE.

ABSTRACT

This work was designed and implemented through a generic prototype, which can be carried out by any ISP operator who wants to provide internet access service to the sectors of the Señor de Lagunas - San Roque Urbanization. Due to post-covid effects, in the sense that public and private institutions opted for distance learning, turning internet access into a basic service that is currently in Article 20 of the CPE.

An FTTH network design with GPON technology was chosen, in order to provide internet access to remote places where recognized telecommunications companies do not have coverage due to the remoteness of this sector. Prior to the implementation of this FTTH network design, an implementation prototype was made with the necessary configurations in the main equipment, simulating the 1st and 5th NAP box through an optical budget, analyzing the losses and attenuations of each of the elements. and stages of the network with the theoretical and practical values.

At the end of the project, an economic analysis of the necessary equipment and materials to be used for its subsequent implementation in the field was carried out.

Keywords: FTTH-GPON, internet access Art. 20 CPE.

CAPITULO I

1 INTRODUCCION

Vivimos en una época donde la gran mayoría de las personas cuentan con internet en su domicilio, tienda, oficina, fabricas, empresas y más; ya sea por medios de transmisión diferentes como ser: XDSL, WIMAX, HFC o FTTH, esta última Fiber To The Home, se sitúa hoy en día como la mejor tecnología en demanda en cuanto se refiere a la transmisión de datos.

En el pasar de estos últimos años el crecimiento de la tecnología se ha ido incrementando de manera exponencial, esto hace que el uso del acceso a internet se haga más frecuente tanto para educación, trabajo y entretenimiento. Es por ello la importancia de estar conectados con “el mundo”. Ante los últimos acontecimientos suscitados como la pandemia; las empresas de telecomunicaciones a nivel nacional e internacional se vieron afectados y obligados a tomar medidas con respecto al ancho de banda que ofrecían y la cobertura de la misma, al no poder cubrir los sectores más alejados, género que personas profesionales y/o estudiantes en el rubro de las telecomunicaciones buscaran soluciones viables y fehacientes a fin de garantizar conexiones de acceso a internet a lugares alejados, con el fin de coadyuvar a las personas que se encuentran en las periferias del área urbana, así como también a sectores rurales donde gran parte hacían uso de telefonía móvil, este último generando gastos considerables a su economía.

1.1 Planteamiento del problema

Ante la difícil situación que atravesó el país y a nivel mundial por causas del COVID-19 muchas universidades públicas, colegios e instituciones, optaron por educación semipresencial, en el país se fueron adaptando a la educación presencial y a distancia (virtual), muchos de los cuales se vieron afectados, especialmente en áreas donde no hay cobertura para acceso a internet en banda ancha. En el sector de estudio de lagunas San Roque que queda ubicada a 12km de la ceja-El Alto, el cual existe una población que va creciendo día a día, lo cual estos sectores se ven afectados ya que al lugar no llegan coberturas de las grandes empresas proveedoras de internet como lo son: ENTEL, TIGO y AXS.

1.2 Formulación del problema

En vista que la urbe Señor de Lagunas no cuenta con el servicio de internet por la lejanía del lugar, y al realizar visitas al sector se comprueba que a la zona le falta mucho al respecto a servicio de acceso a internet, además cuenta con una comunidad estudiantil tanto de colegios como de universidades, esto significa que en los tiempos de confinamiento de la pandemia tuvieron cierta desventaja al no contar con el servicio de internet en igualdad de condiciones para el acceso a la educación.

1.2.1 Hipótesis

- ¿hay alguna forma de mejorar el acceso a internet, para ciudadanos del sector mencionado?
- ¿mejorará la calidad de vida, con la implementación de un servicio de acceso a internet?
- ¿es posible analizar una propuesta con una tecnología alternativa para el acceso a internet con la infraestructura existente?

Como resultado de la formulación del problema las hipótesis nos dan las siguientes variables:

1. Acceso a internet.
2. Calidad de vida.
3. Infraestructura existente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar una red FTTH-GPON para el sector Porvenir, Rositas y Tupac Katari, ubicado en la urbanización Señor de Lagunas - San Roque, de la ciudad de El Ato.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar el relevamiento de los servicios existentes en el sitio a implementar la red de FTTH.
- Desarrollar el esquema o diagrama unifilar de la red FTTH.
- Describir los parámetros técnicos para el funcionamiento de la red.
- Realizar las configuraciones en la OLT y MIKROTIK para dar en alta el servicio.

- Implementar a través de un prototipo el diseño de la red de FTTH-GPON, con pruebas en laboratorio.
- Detallar costos y materiales para el prototipo genérico.

1.4 Justificación del estudio

1.4.1 Justificación Social

Los principales beneficiarios al implementar el diseño de una red FTTH-GPON, serán los pobladores (vecinos) del sector Porvenir, Túpac Katari y Rositas de la Urb. Lagunas- San Roque de la ciudad de El Alto, ya que contarán con acceso a internet y esto ayudara con el proceso educativo de sus hijos e hijas que estén estudiando en esta pandemia ya que el internet se convirtió un servicio básico fundamental.

1.4.2 Justificación económica

Económicamente, para los vecinos del sector se reducirían sus costos de compra de paquetes de datos (Megas del proveedor de telefonía celular).

1.4.3 Justificación Académica

Académicamente el proyecto a diseñar e implementar con un prototipo, nos permitirá aplicar los conocimientos adquiridos en las materias cursadas durante la formación académica.

1.4.4 Justificación Técnica

Se mostrarán herramientas necesarias para la implementación del prototipo de la red FTTH, para estas zonas alejadas que no cuentan con el servicio de acceso a internet, determinando una lista de accesorios OLT, Mikrotik, cajas Nap, splitters, Onts y etc.

1.5 Limites

Este proyecto se limitará en analizar y/o realizar el diseño de redes CATV o IPTV y VOIP, que podrían ir bajo la red de fibra, también se limita a un proceso de configuración avanzada de los equipos principales como lo son la OLT y el Mikrotik, ya que dentro del proyecto se realizarán configuraciones necesarias, para que el enlace entre el abonado final y la central esté en funcionamiento.

1.6 Alcances

- Se realizará el relevamiento en el lugar donde no existe cobertura.
- Adquisición de equipos y materiales principales para la implementación a través un prototipo.
- Configuración necesaria de los equipos principales.
- Diseño de la línea principal y líneas secundarias dentro de la red de distribución.
- Armado de puntos de distribución cajas NAP1 y NAP5 prueba en laboratorio.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos de fibra óptica

Los sistemas clásicos de comunicación utilizan señales eléctricas soportadas por cable coaxial, radio, etc., según el tipo de aplicación. Estos sistemas presentan algunos inconvenientes que hacen necesario buscar otras vías para la transmisión de datos. La fibra óptica es un medio de transmisión que envía señales ópticas (lumínicas) a través de finos hilos de fibra de vidrio puro o de plástico. La luz es "guiada" a través del centro de la fibra, al que se lo denomina "núcleo".

2.2 Composición de la Fibra Óptica

Los cables de fibra óptica están formados por dos componentes básicos, los cuales deben ser seleccionados adecuadamente en función del trabajo a desarrollar: el núcleo óptico y elementos de protección.

El núcleo está rodeado por un material óptico llamado "revestimiento" *(cladding)* que atrapa la luz en el núcleo de la fibra utilizando una técnica óptica llamada "reflexión interna total". La fibra posee un recubrimiento (*buffer*) que la protege de la humedad y de daños físicos. Este recubrimiento (*buffer*) es el que quitamos al realizar la terminación o el empalme.

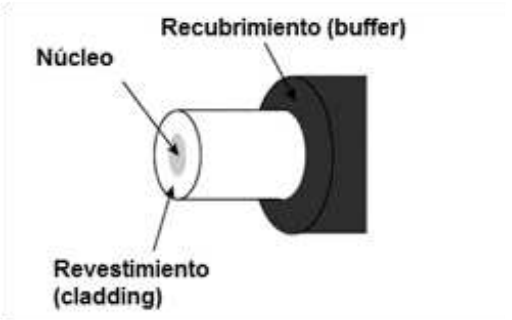


Figura 1. Fibra óptica

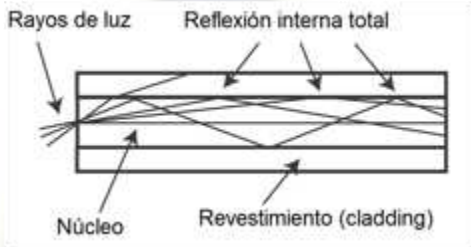


Figura 2. Parte interna de la Fibra Óptica.

El núcleo y el revestimiento *(cladding)* se realizan con vidrio extremadamente puro, aunque algunas fibras se realizan de plástico en su totalidad o con núcleo de plástico y revestimiento *(cladding)* de vidrio. El núcleo está diseñado para tener un mayor índice de refracción que el revestimiento *(cladding)*, un parámetro óptico, es decir, una medición de la velocidad de la luz en el material. El menor índice de refracción del revestimiento hace que los rayos de luz se curven a medida que pasan del núcleo al revestimiento *(cladding)*, lo que genera una "reflexión interna total" que atrapa la luz hasta cierto ángulo en el núcleo, lo que define la "apertura numérica" de la fibra.

La fibra de vidrio posee una cubierta plástica llamada "recubrimiento (*buffer*) primario" que la protege de la humedad y de daños físicos. Además, el "cable" le brinda mayor protección a las fibras y a los elementos de refuerzo a través de una cubierta protectora exterior llamada "chaqueta".

2.3 Clasificación de la Fibra Óptica

Las fibras ópticas utilizadas actualmente en el área de las telecomunicaciones se clasifican fundamentalmente en dos grupos según el modo de propagación: Fibras Multimodo y Fibras Monomodo.

2.3.1 Fibra mono modo

La fibra óptica monomodo solo dispone de un modo de propagación: una sola longitud de onda de luz en el núcleo de fibra. Esto significa que no hay interferencias ni solapamientos entre las distintas longitudes de onda de luz que pudieran distorsionar sus datos a grandes distancias de aproximadamente de 300 km.

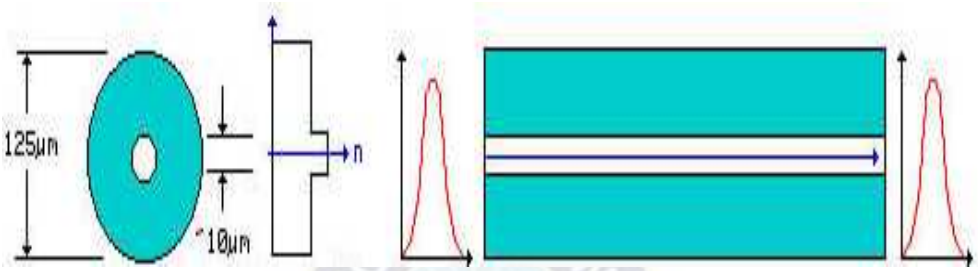


Figura 3. Fibra óptica monomodo.

Su núcleo varía entre 9 a 10 micras, su fuente de luz láser, trabaja en la 2da o 3ra ventana 1300 con pérdida de 0.4dB/Km o 1550nm con una pérdida de 0.3dB/Km y la aplicación de esta fibra es para uso de datos, voz y video.

2.3.2 Fibra Multi modo

Son aquellas que pueden guiar y transmitir varios rayos de luz por sucesivas reflexiones, (modos de propagación).

El núcleo de la fibra óptica multimodo está entre 50 a 62.5 micras, su fuente de luz es el LED con longitudes de onda en la 1ra y 2da ventana 850nm con una pérdida de 0.35dB/Km o 1300nm, el uso en redes locales.

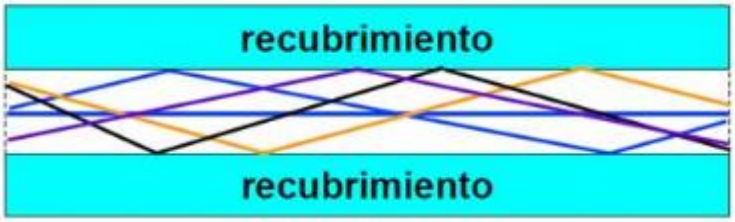


Figura 4. Fibra Óptica Multi modo.

2.4 Componentes de Fibra óptica tipos y características

Los componentes o materiales más comunes que se utilizan para trabajos de Fibra Óptica, son: conector, acoplador o adaptador, termo contraíble.

2.4.1 Tipos de conectores

Las siglas SC, LC, FC y ST corresponden a los tipos de conector óptico más comunes en aplicaciones FTTH y en redes de datos. En cuanto a la

nomenclatura PC/UPC/APC, son siglas que se refieren al tipo de pulido del terminal óptico (ferrule) que hace posible el paso de pulsos de luz láser entre dos fibras ópticas.

Así, por ejemplo, un típico latiguillo de FTTH terminado en SC/APC se refiere a un conector SC que tiene un pulido APC. El latiguillo puede ser un cable pacth cord este tiene en sus extremos conectores o un cable pigtail, que tiene un solo conector en su extremo.

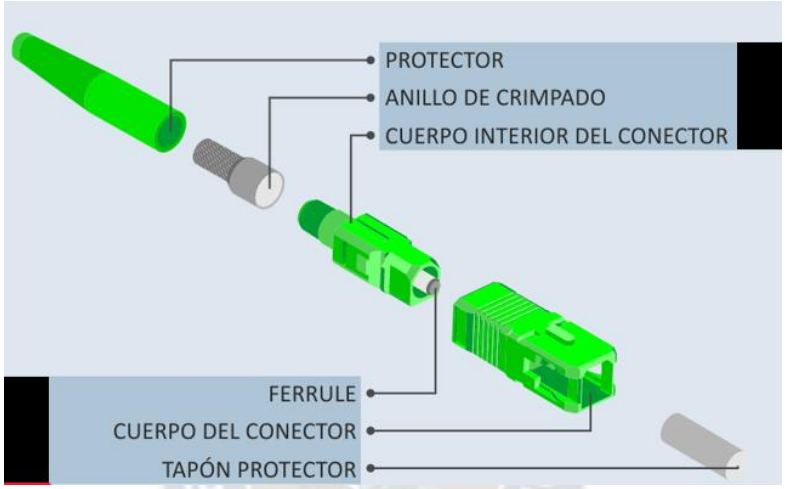


Figura 5. Diagrama de conector SC.

2.4.1.1 Conector FC

- **Qué significa FC:** Son las siglas de Conector de Ferrule (*Ferrule Connector*).
- **Características:** Es un conector roscado con una fijación muy resistente a vibraciones, por ello se utiliza en aplicaciones sometidas a movimiento. También se utiliza en los instrumentos de precisión (como los OTDR) y es muy popular en CATV.
- **Características ópticas:** Para fibras monomodo. Sus pérdidas de inserción alcanzan los 0,3 dB.

Figura 6. Conector FC.

2.4.1.2 Conector ST

- **Qué significa ST:** Son las siglas de Punta Recta (Straight Tip).
- **Características:** Es similar en forma al conector japonés FC, pero su ajuste es similar al de un conector BNC (montura en bayoneta).
- **Características ópticas:** Se utiliza en fibras multimodo. Sus pérdidas de inserción rondan los 0,25 dB.

Figura 7. Conector ST.

2.4.1.3 Conector LC

- **Qué significa LC:** Son las siglas de Conector transparente (Lucent Connector) o Conector Pequeño (Little Connector).
- **Características físicas:** Ajuste similar a un RJ45 (tipo push and pull). Más seguro y compacto que el SC, así que permite incluso mayores densidades de conectores en racks, paneles y FTTH.
- **Características ópticas:** Para fibras monomodo y multimodo. Pérdidas de 0,10 dB.

Figura 8. Conector LC.

2.4.1.4 Conector SC

- **Qué significa SC:** Son las siglas de Conector de Suscriptor (Suscriptor Connector) o Conector Cuadrado (Square Connector).
- **Características:** Ajuste rápido a presión. Es compacto, permitiendo integrar gran densidad de conectores por instrumento. Se utiliza en FTTH, telefonía, televisión por cable, etc.
- **Características ópticas:** Para fibras monomodo y multimodo. Pérdidas de 0,25 dB.

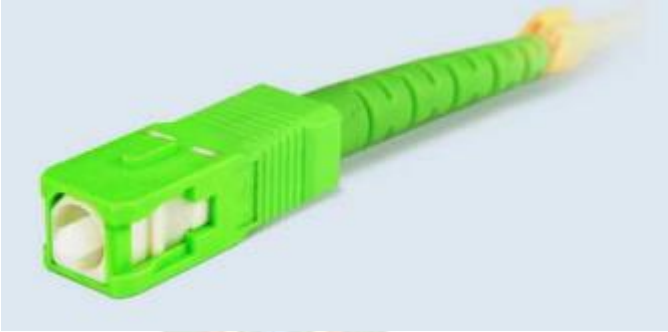


Figura 9. Conector SC.

2.4.2 Tipos de pulido

- **PC**: Contacto Físico (Physical Contact). El ferrule está biselado y rematado en una superficie plana. Esto evita espacios vacíos entre los ferrules de los conectores que se están acoplando y logra unas pérdidas de retorno entre los -30 dB y los -40 dB. Se trata de una solución cada vez más en desuso.
- **UPC**: Ultra Contacto Físico (Ultra Physical Contact). Similares a los PC, pero logran reducir las pérdidas de retorno a un margen entre los -40 y los -55 dB gracias a que el bisel tiene una curva más pronunciada. La tendencia actual

es utilizarlo en líneas muertas para que los operadores de telecomunicaciones lleven a cabo pruebas de red por ejemplo con OTDR.

- **APC**: Contacto Físico en Ángulo (Angled Physical Contact). El ferrule termina en una superficie plana y a su vez inclinada 8 grados. Se trata del conector que logra un enlace óptico de mayor calidad ya que consigue reducir las pérdidas de retorno hasta los -60 dB aumentando así el número de usuarios en fibras monomodo. Por este motivo, unido a sus cada vez menores costes de fabricación, APC se ha convertido en el tipo de pulido más utilizado.

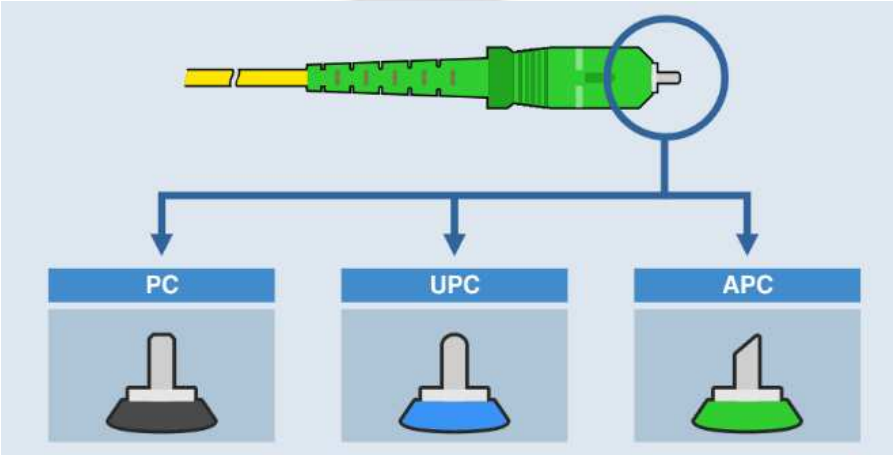


Figura 10. Pulidos de la férula de fibra óptica.

2.4.3 Acoplador o adaptador

Un adaptador o también llamado acoplador de fibra óptica es un dispositivo pequeño que sirve para conectar los cables de fibra óptica entre sí. Los adaptadores de fibra óptica pueden tener diferentes formas, pero todos están diseñados con el mismo objetivo: unir y alinear los conectores de dos cables de conexión de fibra óptica. Un adaptador de fibra óptica permite que los cables de conexión se conecten entre sí, ya sea individualmente o en una red amplia, permitiendo que muchos dispositivos se comuniquen de forma simultánea. Los adaptadores de fibra óptica son ampliamente utilizados en el marco de distribución de luz (ODF), equipos de comunicaciones de fibra óptica, aparatos de medición, cajas Nap y rosetas ópticas.

Figura 11. Tipos diferentes de adaptadores de fibra óptica.

2.4.3.1Adaptador LC

Los adaptadores LC (Little Connector), conector pequeño, se pueden usar para la conexión de cables o conectores LC. Existen diferentes tipos entre los que se incluyen: LC a LC, LC a FC, LC a SC, LC a ST. Estos adaptadores se pueden encontrar en simplex, duplex, cuadruples, monomodo, multimodo, UPC, APC, PC con envolvente de plástico, manga de circonio, y manga de bronce opcional.

2.4.3.2Adaptador FC

Los adaptadores FC (Ferrule connector), conector de férula, se pueden utilizar para la conexión de cables de conexión FC o enchufes FC. Entre los adaptadores FC se incluyen los de tipo cuadrado, tipo D simple, tipo D doble, y en versiones monomodales y multimodales. Estos adaptadores tienen una cubierta metálica y mangas de cerámica. El adaptador FC cuadrado se encuentra disponible en los modelos de encapsulado estándar con alojamiento de latón niquelado o de zinc niquelado. Los adaptadores redondos FC se suministran con una brida D o doble D, y cuentan con una cubierta de latón niquelado anticorrosiva.

2.4.3.3Adaptador SC

Los adaptadores SC (suscrptor connector), conector de suscriptor, se pueden utilizar en las conexiones de los cables o conectores SC. Existen varios tipos, entre los que se incluyen los monomodales y multimodales, los de manga de circonio y bronce, y las versiones simple y dúplex. Asimismo, se encuentran disponibles los adaptadores

SC estándar hembra a hembra y los adaptadores SC híbridos. Los adaptadores SC típicos cuentan con una cubierta de plástico, aunque también los hay con carcasa metálica. La mayoría de estos adaptadores incluyen mangas cerámicas, pero también los hay de bronce, que son generalmente multimodales.

2.4.3.4 Adaptador ST

Los adaptadores ST pueden utilizarse para las conexiones de cables o conectores ST. Existen adaptadores ST simples, dúplex, monomodo, multimodo, de metal y de plástico. La mayoría de los adaptadores ST son simplex y con manguitos de circonio. Los adaptadores con manguitos de bronce pueden utilizarse de forma opcional para los multimodales.

2.5 Atenuación y perdidas

Las fibras ópticas son fabricadas en dióxido de Silicio. Este vidrio normalmente contiene impurezas y variaciones de composición. Las pérdidas de luz en las fibras pueden ser causadas por absorción a través de estas impurezas.

Así mismo, en la fabricación de la fibra óptica se presentan pequeñas variaciones dimensionales (diferentes diámetros) que pueden causar tanto perdidas de luz por dispersión, como también perdidas en los empalmes y conexiones.

Podemos decir que la atenuación en una fibra óptica, es la sumatoria de pérdidas que se producen a través de todo el enlace.

Normalmente la atenuación es expresada en decibelios por kilo metro y es definida por:

$$atenuacion\ (\alpha) = \frac{10}{L}\log_{10}\frac{P_e}{P_s} \quad (dB/Km)$$

Dónde:

P_e = Potencia de entrada.

P_S = Potencia de salida.

L = Longitud del tramo de fibra óptica (Km).

2.5.1 pérdidas por absorción

Se deben a impurezas y moléculas de agua que quedan en el interior de la fibra y que absorben parte de la luz transformándola en calor, atenuando por tanto la luz a medida que atraviesa la fibra óptica.

2.5.2 Pérdidas por dispersión

En la fibra óptica se deben a variaciones microscópicas que se dan en la densidad del material, fluctuaciones de la composición, homogeneidades estructurales y por defectos de fabricación.

2.5.3 Perdidas por unión o empalme

La fibra óptica también puede generar pérdida en la misma. Al unir dos fibras ópticas de extremo a extremo, el empalme tiene como objetivo garantizar que la luz que pasa a través de este, sea casi tan fuerte como la fibra virgen en sí. Pero sin importar lo bueno que sea el empalme, la pérdida de éste es inevitable, la pérdida de empalme por fusión típicamente puede ser inferior a 0.05 dB.(TIA-568 máximo aceptable).

2.5.4 Pérdidas del conector - acople

Las pérdidas de inserción en la fibra óptica son las pérdidas de potencia luminosa derivadas de la inserción de un dispositivo en una línea de transmisión o de fibra óptica, los conectores monomodo manufacturados en fábrica tendrán pérdidas de 0.1 a 0.2 dB, y los conectores monomodo terminados en el lugar de la instalación pueden tener pérdidas de hasta 0.5-1.0 dB (0.75 dB, TIA-568 máximo aceptable).

2.5.5 Perdidas por curvatura o flexión

Es un problema común que puede causar pérdidas de fibra óptica generadas por un manejo inadecuado de la misma. Hay dos clases típicas de flexión: Micro curvatura y macro curvatura, (se muestra en la siguiente figura).

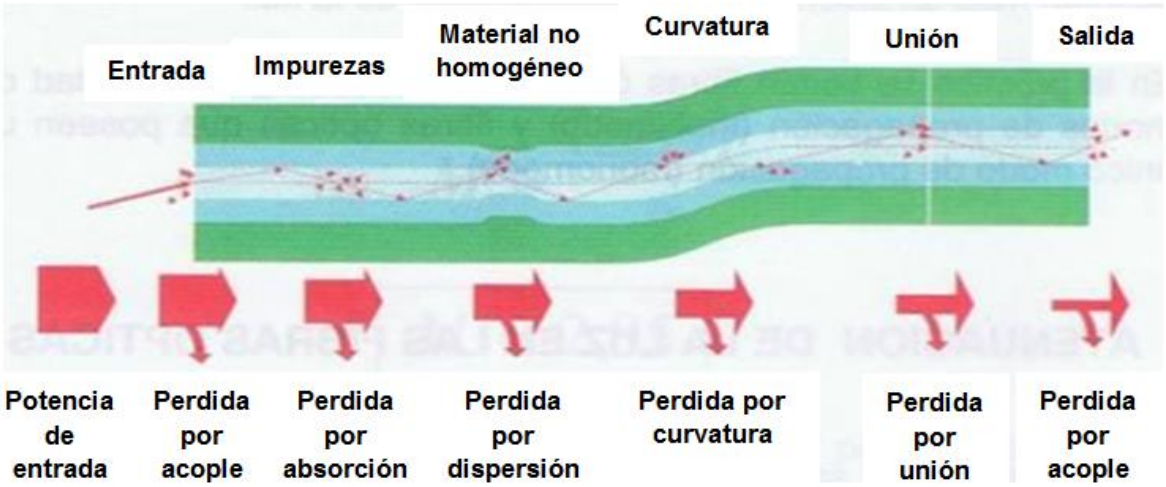


Figura 12. Factores de atenuación y perdidas.

2.6 Ventajas y desventajas de la Fibra Óptica

Los sistemas de comunicación por fibra óptica utilizan la energía luminosa como soporte. Presentan un conjunto importante de ventajas sobre otros soportes utilizados en la transmisión de señales analógicas y digitales. Entre ellas están:

- Gran ancho de banda, lo que permite la transmisión de un gran volumen de información como ser video, telefonía y datos.
- Atenuación baja. Permite realizar enlaces de mayor longitud sin necesidad de repetidores. La atenuación depende del tipo de fibra óptica y de la longitud de onda utilizada.
- Inmunidad a interferencias electromagnéticas. La fibra óptica es absolutamente inmune a las radios interferencias e impulsos electromagnéticos, presentando un menor índice de errores en la transmisión de señales digitales. Esto es de gran importancia en aplicaciones de control industrial donde se genera gran cantidad de ruido.
- Seguridad y aislamiento eléctrico. En determinadas aplicaciones para ambientes peligrosos (ambientes explosivos o inflamables) o en electro medicina, las fibras ópticas son imprescindibles debido a la imposibilidad de producir descargas eléctricas o chispas.
- Pequeñas dimensiones y peso liviano, el cual facilita tanto en la planta externa como en la parte interna para trabajos de implementación.

- La fibra óptica conserva sus parámetros técnicos frente a cambios climáticos.

La fibra óptica también presenta algunos inconvenientes que no hay que olvidar. Por; Ejemplo:

- Las técnicas de empalme son complejas y necesitan de equipos muy caros para su implementación y derivación.
- Frágiles, ya que al interior tanto el núcleo como revestimiento son de material de vidrio o plástico.
- La instalación de los conectores y fusiones es compleja, y requiere un personal con formación adecuada.

Conceptualmente, y en determinados aspectos, un sistema por fibra óptica es similar a un sistema de microondas vía radio. Las principales diferencias son la frecuencia y el medio de transmisión.

2.7 Arquitecturas de Redes FTTx

Las redes FTTH pertenecen a la familia de sistemas de transmisión FTTx dentro del mundo de las telecomunicaciones. Estas redes, consideradas de banda ancha, tienen la capacidad de transportar gran cantidad de datos e información a velocidades binarias muy elevadas, hasta un punto próximo al usuario final. La familia FTTx, comprende un conjunto de tecnologías basadas en el transporte de señales digitales a través de fibra óptica como medio de transmisión. Existen diferentes niveles de alcance, en función del grado de acercamiento de la fibra óptica hasta el usuario final, que surgen como consecuencia de un mayor o menor abaratamiento de estos sistemas. Todas las redes FTTx, admiten una configuración lógica de red en árbol o estrella, en bus y en anillo. En todas ellas con la posibilidad siempre de utilizar componentes activos dependiendo de la localización de los usuarios o clientes finales. Las denominaciones y características, según el grado de penetración de FTTx, se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 1. Tabla resumen con las características de las tecnologías FTTx.

Denominación	Alcance	Distancia Métrica
FTTN	Fiber To The Node (fibra hasta el nodo)	Fibra Óptica desde la central hasta una distancia del edificio entre 1.5 – 3 km
FTTC	Fiber To The Curb (fibra hasta la acera)	Fibra Óptica desde la central hasta una distancia del edificio entre 300 – 600 m
FTTB	Fiber To The Building or Bussiness (fibra hasta el edificio o negocio)	Fibra Óptica desde la central hasta el Cuarto de Telecomunicaciones del edificio, sin incluir tendido hasta el hogar
FTTH	Fiber To The Home (fibra hasta el hogar)	Fibra Óptica desde la central hasta el PTR de los hogares (20 km)

Existen otras denominaciones que, de forma paralela, fueron surgiendo según fue avanzando esta tecnología y que, sin embargo, no se consideran estandarizadas. No obstante, es conveniente nombrarlas, debido a que, en muchos ambientes, utilizan esta nomenclatura:

- FTTCab: Fiber To The Cabinet (fibra hasta el armario, a la intemperie).
- FTTP: Fiber To The Permises (fibra hasta las instalaciones).
- FTTO: Fiber To The Office (fibra hasta la oficina).
- FTTU: Fiber To The User (fibra hasta el usuario).

La utilización de fibra óptica como medio de transmisión hasta los hogares, y por tanto hasta los usuarios finales, garantiza una red completamente adaptada tanto a las necesidades actuales, como futuras. La reutilización de esta infraestructura física supone un ahorro económico a lo largo del tiempo, a pesar de su fuerte desembolso inicial en la fase de despliegue, amortizándolo en muy poco tiempo. Sin embargo, la demanda exponencial de aumento de ancho de banda y velocidad de transmisión, es superior al que estas tecnologías son capaces de ofrecer, y en línea evolutiva, están llegando a la limitación más importante e insalvable: el medio físico no soporta tanto caudal de datos a tales velocidades. De ahí que sea necesario un cambio drástico del canal, que permita establecer un conducto de banda ancha, mucho mayor a las vistas hasta día de hoy.

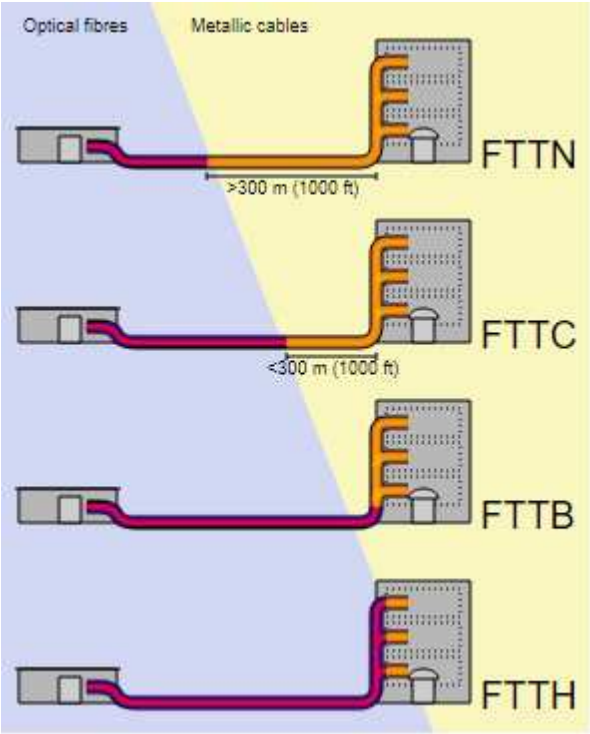


Figura 13. Clasificación de Red FTTx.

2.8 Topologías de redes FTTx

La variación de la posición de los splitter ópticos, definen la topología de la red las cuales para este proyecto mencionaremos:

- Topología P2P.
- Topología P2MP.

2.8.1 Topología centralizada P2P

Consiste en ubicar al splitter óptico, en el mismo sitio que la OLT esto quiere decir en el local de la central telefónica (Central Office - CO). Normalmente se implementa para suscriptores dentro de los 80 kilómetros de radio de cobertura de la CO. Se recomienda usar esta topología cuando se requiere mayor flexibilidad en la gestión de conexiones de los usuarios finales y en la utilidad de los dispositivos conectados.

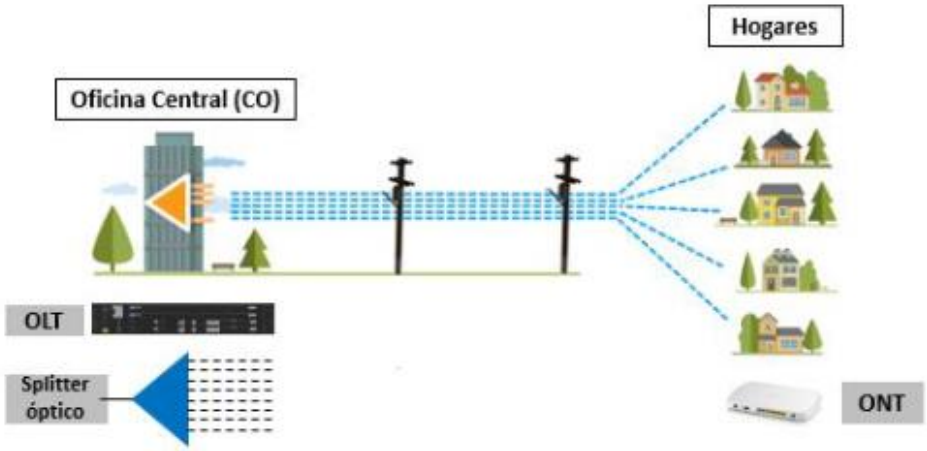


Figura 14. Esquema de topología centralizada P2P.

2.8.2 Topología distribuida P2MP

Se implementa cuando existen dos o más niveles de división óptica a lo largo de toda la red. El tamaño físico de los componentes pasivos en campo puede reducirse a medida que los puertos en cada ubicación se comparten hasta el último punto de acceso. Este tipo de topología es más comúnmente utilizada en América del Sur y Europa. Cabe indicar que la topología P2MP para redes FTTH, se utiliza en conjunto con la tecnología PON la cual tiene como objetivo por sus características brindar variedad de servicios y un ancho de banda más amplio, en este tipo de arquitectura podemos llegar a distancias de hasta 20Km siendo las zonas urbanas los más beneficiados.

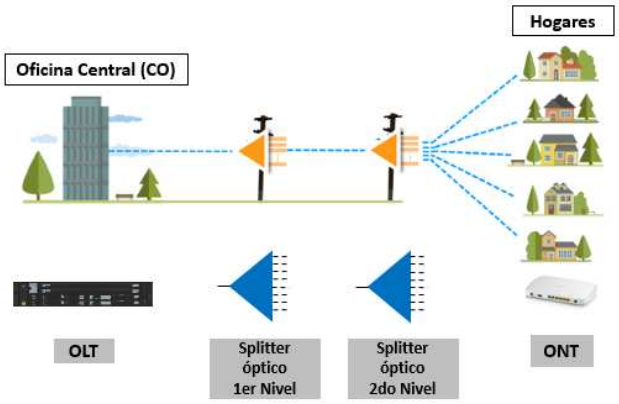


Figura 15. Esquema de topología distribuida P2MP.

2.9 Aplicaciones de las REDES FTTH

Una de las principales aplicaciones en los que se está utilizando el despliegue de redes FTTH, es básicamente en reemplazar la red de cobre existente, que aparte de ser una red bastante antigua en términos de implementación al tiempo de ahora resulta más costosa, cabe resaltar que la brecha más importante entre una red de Fibra Óptica y una red de cobre es la capacidad de gestión de tráfico de datos a altas velocidades y distancias que puede alcanzar una de otra, si los comparamos ambas redes, la red de cobre queda relegada. No obstante, la implementación de una red de cobre se la debería enfocar de acuerdo a la necesidad de hacer una solución interna de nuestro cliente, esto no implica que las redes de cobre no se las necesite, pero debido al costo que implica la implementación de una solución con cobre nos hace reflexionar ya que para alcanzar distancias y velocidades de transmisión más altas se debe invertir en la construcción de más nodos o centrales, así como también en amplificadores de señal y mejoras en estándares de calidad para lograr mayores velocidades tanto de descarga como de subida de datos. Por otra parte, al utilizar fibra óptica podemos decir que su canal de transmisión de datos de acuerdo al tipo de tecnología que se utilice es ilimitado. Ejemplo, si en una zona urbana y de acuerdo a nuestro estudio de demanda, nos damos cuenta que vamos a necesitar ofertar servicios de internet, telefonía, datos y TV por Internet. Adicionado a esto el sector donde se requiere desplegar la red es un sector que tiene un alto impacto de crecimiento en cuanto a demanda de clientes y servicios. La mejor opción sería planificar el tendido o despliegue de una red de fibra óptica de alta capacidad ya que el costo/beneficio lo sustenta.

Por el contrario, si nuestro proyecto no tiene una visión muy clara a futuro en tanto de crecimiento como de demanda de clientes y demanda de servicios pues la opción que deberíamos plantearnos es el despliegue de una red hibrida para esto puede ser el uso de xDSL el cual soporta el despliegue de red de fibra óptica y de cobre a la vez.

2.10 Red óptica pasiva PON

PON (Pasive Optical Network) significa “Red Óptica Pasiva”, en referencia a la red de fibra compuesta por componentes no-activos en todas las etapas entre el punto de

origen (central de acceso) y los extremos (abonados o clientes). Las demás siglas (GPON, EPON...) corresponden a los estándares de transmisión que circulan sobre esta red física.

Al implementar una red de fibra óptica, se apertura un gran campo de posibilidades de despliegue de las redes de telecomunicaciones, debido que es un medio de transmisión que brinda muchas ventajas en comparación de los medios de transmisión metálicos tradicionales. A continuación, se detallarán las características más resaltantes:

- Ahorro económico en el costo por despliegue y por mantenimiento de la red; debido que los componentes pasivos no requieren alimentación de energía, mantenimiento periódico y otros cuidados comparados con los componentes activos.
- Las redes PON permiten manejar eficientemente el tráfico de la red gracias a la tecnología WDM (Wavelength División Multiplexing) o Multiplexación por longitud de onda, esta tecnología evita la mezcla de las señales, tanto de voz, datos y videos; transportándose en diferentes longitudes de onda (nm); en ambas direcciones de subida y bajada simultáneamente.
- Alta disponibilidad de ancho de banda en las redes PON, el cual puede alcanzar los 2.5 Gbps en sentido descendente (Downstream) para los usuarios finales y con la aplicación de nuevas tecnologías esta velocidad se acrecienta a 10 y 40Gbps a futuro.
- La cobertura física de las redes PON pueden llegar hasta los 20km desde la oficina central; sin el uso de equipo activo intermedio, pero puede alcanzar una conexión lógica hasta de 60 kilómetros de alcance.

2.11 Funcionamiento de una Red PON

Por medio de un esquema multiplexado por longitud de onda se divide todas las componentes necesarias para realizar la transmisión en forma ascendente y descendente, permitiendo que el tráfico sea bidireccional en una sola fibra.

2.11.1 Canal descendente Rx (Downstream)

Se utiliza tecnología conceptualmente similar a TDM (Time Division Multiplexing). Este canal utiliza la longitud de onda de 1490nm y se comporta como un sistema de envío punto-multipunto. En este entorno la OLT envía señales ópticas que el divisor se encarga de distribuir a todas las ONT. Una vez que la información ha llegado a la ONT sólo pueden ser abiertos aquellas unidades de información dirigidas a un usuario u ONT en concreto.

2.11.2 Canal ascendente Tx (Upstream)

El canal ascendente de una red PON se comporta siguiendo un modelo de comunicación punto a punto. En él, cada ONT transmite contenidos a la OLT en 1310nm. Por esta razón es necesaria la arbitración del uso del canal de transmisión según uso modelos TDMA (Time División Múltiple Access) para que cada ONT envíe la información en diferentes instantes de tiempo. Este control se realiza desde la OLT.

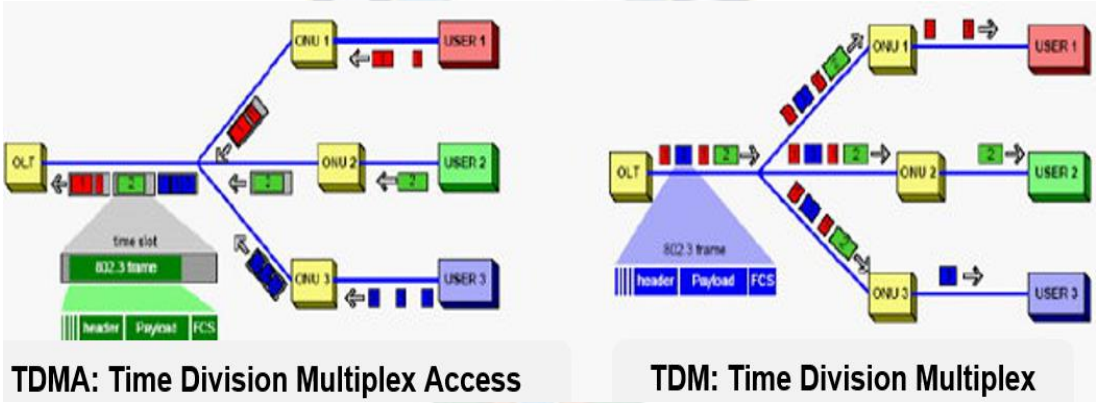


Figura 16. Multiplexación de Rx y Tx.

2.12 Tecnologías GPON, Servicio de mapeo GPON punto a punto

- El trafico upstream con diferentes prioridades se clasificará según IEEE802.p (VLAN) y será mapeado a diferentes puertos GEM.
- Los puertos GEM se asignan en T-CONT específicos, adecuados para cada tipo de tráfico para garantizar QoS.
- La OLT, el DBA ajustara dinámicamente la disponibilidad de ancho de banda de T-CONT para la próxima pooling de upstream.
- El tráfico de cada conjunto GEM Port/T-CONT se asignará en colas IEEE802.1p(VLAN) en puertos de enlace uplink.

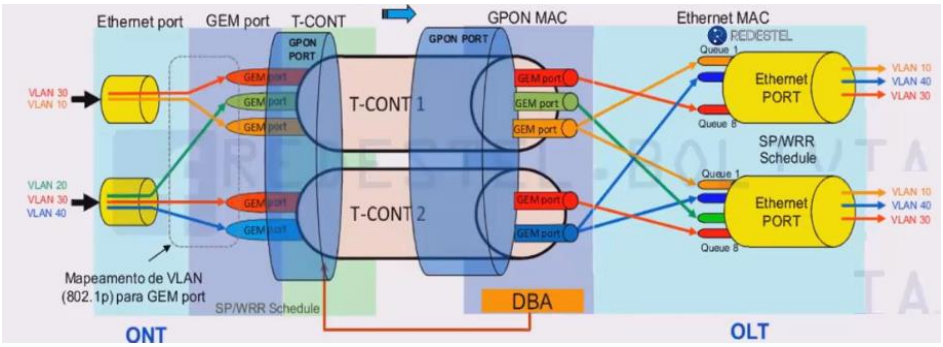


Figura 17. Servicio de Mapeo GPON ONU a OLT

Profiles

- **DBA Profile**

Un perfil DBA define los parámetros de tráfico GPON y puede asignar dinámicamente el ancho de banda y mejorar el uso del ancho de banda upstream, define el tamaño de conexión entre el OLT y la ONT

- **Line profile**

El perfil de línea GPON ONT define el perfil DBA vinculado al TCont

- **ONT service profile**

El perfil de servicio GPON ONT define el puerto ONU (número de puerto y tipo de puerto) y el mapeo entre el puerto de servicio (vlan, prioridad, puerto) de ONT GEM administrado a través del modo OMCI.

Para configurar el servicio de la ONU (como la MDU) administrado en modo SNMP, debe iniciar sesión en la ONU, no necesita configurar el perfil de servicio

2.13 Elementos que conforman la RED FTTH-GPON

Los elementos de conforman la red de FTTH-GPON, se dividen en áreas de acceso y estas constan de cinco áreas: un área de red central, una de la oficina central, una red de alimentación, una de distribución y un área de usuario.

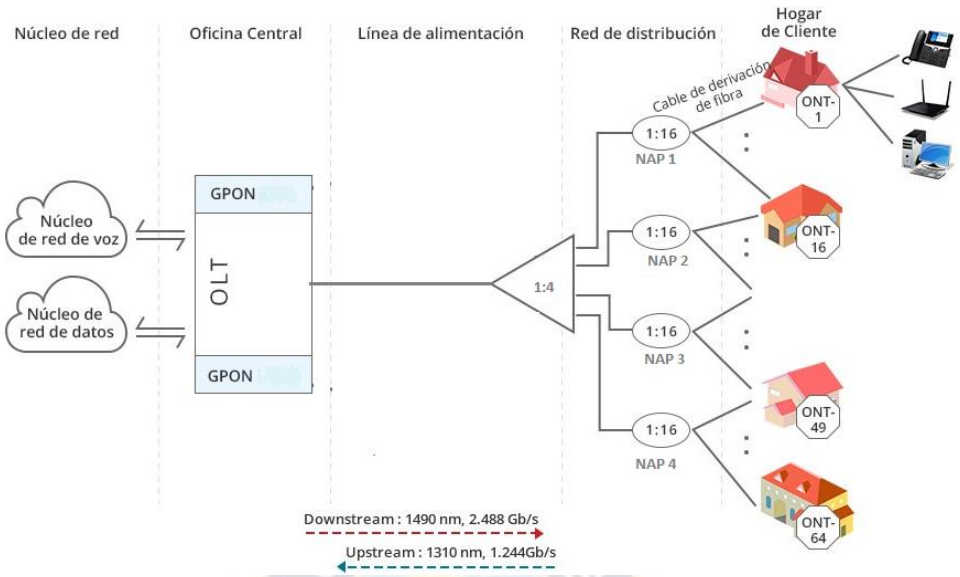


Figura 18. Elementos de planta externa e interna.

2.13.1 Núcleo de Red

El núcleo de red incluye el equipo modem ISP del proveedor de servicios de Internet, PSTN (red telefónica publica conmutada), esta es la encargada de gestionar los paquetes de datos hacia el equipo OLT.

2.13.2 Oficina Central

La función principal de la oficina central es alojar la OLT y ODF (marco de distribución óptica) y proporcionar la alimentación necesaria para los equipos.

A veces, incluso puede incluir algunos de los componentes del núcleo de red (modem del proveedor de internet).

2.13.2.1 Terminal de línea óptica OLT

El terminal de línea óptica (OLT) es el punto de partida de la red óptica pasiva. Se conecta a un núcleo de conmutación a través de dispositivos enchufables Ethernet. La función principal del OLT es convertir, entramar y transmitir señales para la red GPON.

La elección de una OLT depende de la densidad de usuarios y zonas a elegir y de la demanda de servicios requeridos; así mismo, de la OLT parten los hilos de alimentación hacia el ODF, para alimentar a los cables de distribución y llegar a los usuarios, a través de los cables de acometida ópticos.

La OLT transmite voz y datos en la longitud de onda de 1490 nm hacia la ONT (sentido descendente o Downstream); la cual a través de un proceso de multiplexado óptico se une a una señal de video que se transmite a una longitud de onda de 1550 nm, también descendente de manera simultánea por cada puerto PON de salida y a través de la longitud de onda de 1310 nm, se transmite voz y datos desde la ONT a la OLT (en sentido ascendente o upstream). Se observa que la OLT utiliza distintas longitudes de onda para cada servicio, de esta manera se consigue evitar interferencias entre el sentido ascendente y descendente.

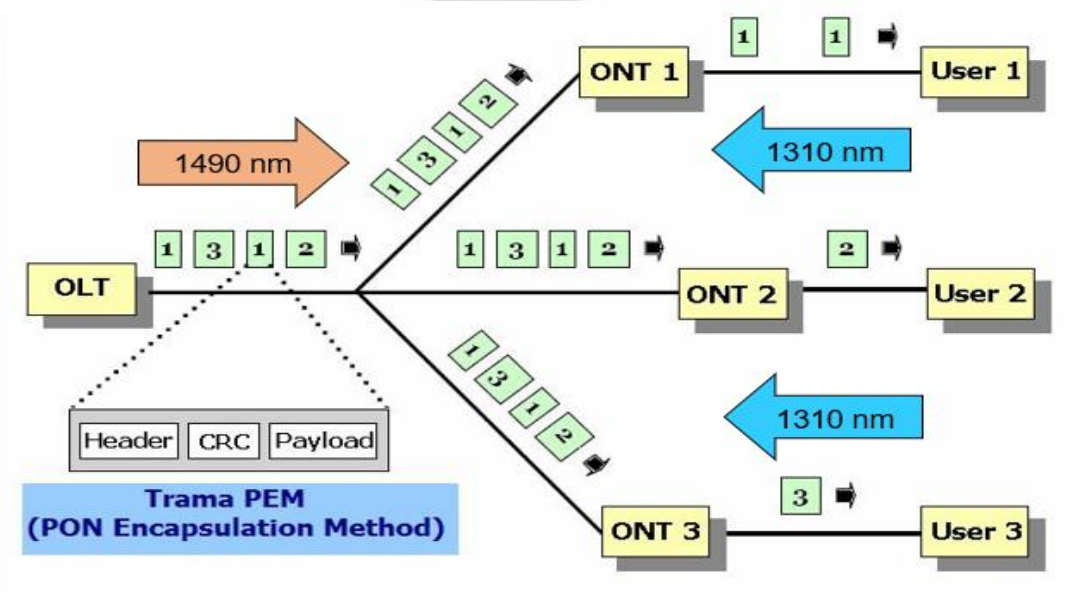


Figura 19. Difusión de la red GPON.

Figura 20. OLT GPON HUAWEI.

2.13.2.2 Marco de distribución óptica ODF

ODF (optical distribution frame), es un distribuidor de fibra óptica que se utiliza para proporcionar interconexiones de cables entre las instalaciones de comunicación, que pueden integrar empalmes de fibra, terminación de fibra, adaptadores y conectores de fibra óptica y conexiones de cables en una sola unidad.

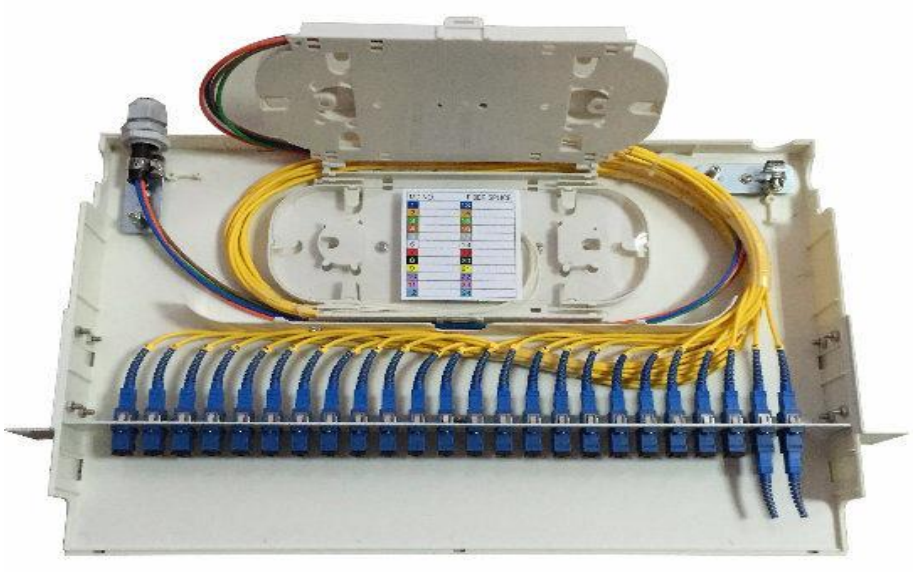


Figura 21. Bandeja ODF.

2.13.3 Línea o Red de alimentación

La red de alimentación (feeder) se extiende desde la ODF de la oficina central, hasta los puntos de distribución. En estos puntos, normalmente son las cajas NAP donde se alojan los empalmes y las derivaciones estas cajas están situadas en la calle, también es en donde se suelen situar los divisores ópticos de nivel 1. El cable de alimentación generalmente se conecta como una topología de P2P o P2MP a partir de un puerto del ODF, este cable puede ser ADSS o DROP, para el presente proyecto mencionaremos el cable Drop.

2.13.3.1 Cable de fibra Drop.

El cable drop plano permite la instalación rápida y fácil, disminuyendo el esfuerzo y tiempo de trabajo en campo. Con una estructura simple y compacta, el cable drop ofrece alta confiabilidad a la red. Además, representa un cable de bajo costo de instalación y mantenimiento. Su estructura es definida por un núcleo capaz de soportar hasta 8 fibras (ITU-T G.657) que garantizan bajos niveles de pérdida en

pequeños radios de curvatura, evitando la quiebra de la fibra con su manipulación. Sus miembros de tracción pueden ser metálicos o dieléctricos (FRP o KFRP). El portante metálico facilita la suspensión del cable. La cubierta externa está diseñada con material termoplástico retardante de llamas y baja emisión de humo (LSZH), resistente a los rayos UV.

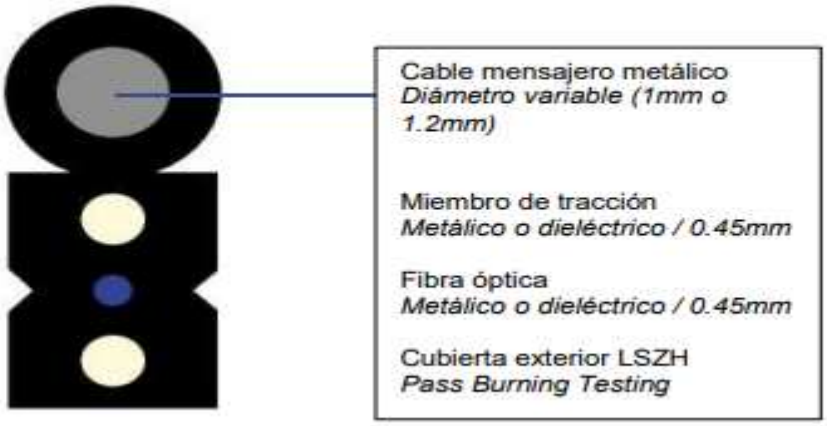


Figura 22. Estructura del cable drop.

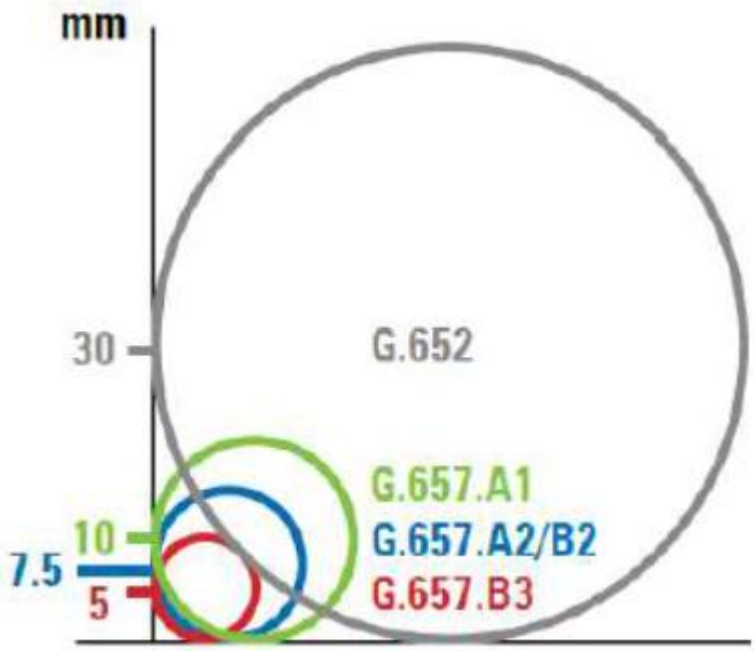


Figura 23. Radio mínimo de curvatura ITU-T G.652 e ITU-T G.657

2.13.4 Red de Distribución

El cable de distribución Drop se conecta a la caja NAP donde se alojan divisores ópticos de 1 nivel y 2 nivel, además de empalmes que pueden ser para derivación o dar continuidad a la red.

2.13.4.1 Punto de Acceso a la Red NAP

Nap (Network Access point), es el elemento pasivo que nos permite distribuir la red principal de fibra óptica, hacia el cliente, con capacidades de 8 y 16 puertos. Estas cajas son montadas en los postes de energía eléctrica.

Figura 24. Caja NAP de 8 puertos.

Figura 25. Caja NAP de 16 Puertos.

2.13.4.2 Divisor Óptico o Splitter,

son componentes realmente “pasivos” de las redes PON, dado que no requieren suministro eléctrico. Los splitters ópticos no seleccionan longitudes de onda, sino que simplemente dividen las longitudes de onda de la gama óptica en dirección descendente. Evidentemente, la división de una señal óptica implica una pérdida de potencia que depende del número de vías en las que se divide una señal. Los splitters no requieren refrigeración alguna ni ningún otro mantenimiento continuo propio de los componentes de las redes activas (como los amplificadores ópticos) y pueden durar durante décadas si permanecen intactos.

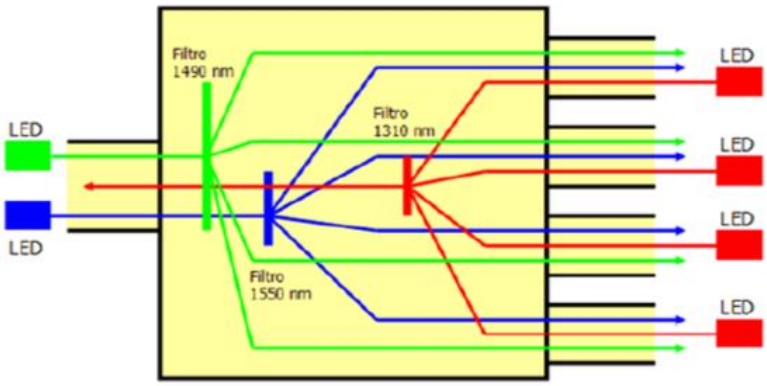


Figura 26. Funcionamiento genérico splitter 1:4

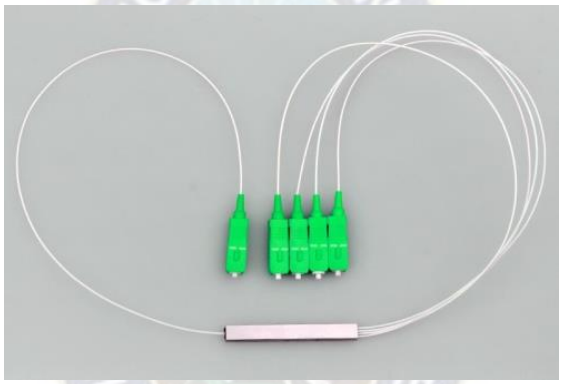


Figura 27. Splitter 1:4.

Este componente de la red FTTH, es un elemento principal para el diseño de la red analizando la atenuación de cada nivel de división o derivación. A continuación, se presentan las atenuaciones de los splitter de acuerdo al número de salidas.

Tabla 2. Atenuación de splitter ópticos según el número de salidas.

	dB
Atenuación splitter 1:2	3,50
Atenuación splitter 1:4	7,00
Atenuación splitter 1:8	10,50
Atenuación splitter 1:16	14,00

2.13.5 Área de Usuario

En el área de usuario, es donde se realiza el trabajo de última milla, esta es la conexión entre uno de los puertos de la caja NAP hacia la casa del abonado o usuario. En la casa del abonado se encuentran elementos pasivos como la roseta óptica, patch cord y como equipo activo se encuentra la ONT que es la encargada de proporcionar internet ya sea por cable o por wifi.

2.13.5.1 Roseta

Es el último elemento pasivo de la red FTTH y constituye el elemento de interconexión entre la caja NAP y el equipo ONT del cliente. Dentro de la roseta se aloja la conexión entre el cable drop y el pigtail y este último va conectado por un acople hacia el patch cord óptico.

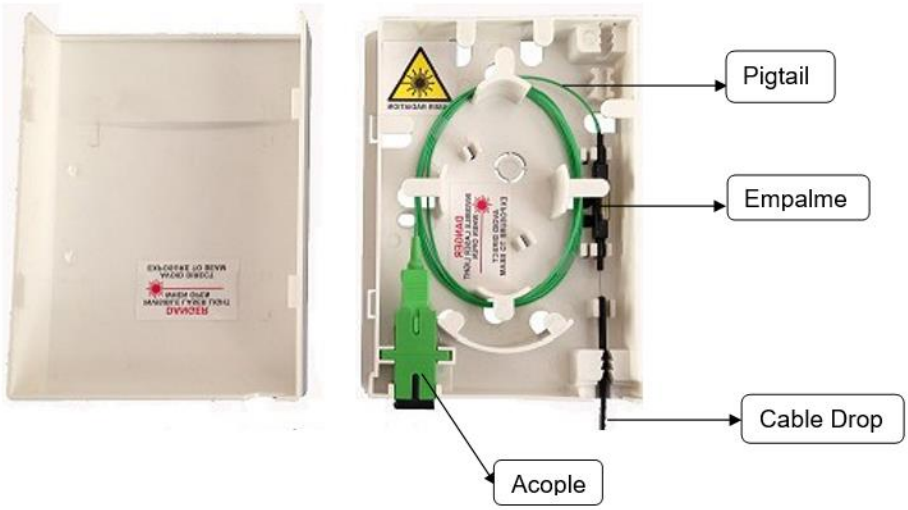


Figura 28. Roseta Óptica.

2.13.5.2 Terminal de Nodo Óptico ONT

ONT (Optical Network Termination); es el elemento encargado en la posición del cliente; de recibir, procesar y filtrar las señales que son suministradas en forma descendente (de OLT a ONT). Una vez filtrada la información requerida, este elemento se encarga de suministrar la información correspondiente a cada terminal de servicio, del usuario. En el sentido, ascendente (de ONT a OLT), la ONT encapsula la información solicitada por el usuario y la envía a la OLT.

El filtrado de la información, se lleva a cabo a nivel de protocolo Ethernet, a través de las denominadas tramas PEM (PON encapsulation method). La trama, consta de tres campos:

- **Cabecera (header);** este campo contiene información sobre sincronización de la trama.
- **CRC**; que permite conocer si la información enviada ha llegado correctamente y sin errores a su destino
- **Carga útil (Payload);** son los datos a enviar.

2.14 Normas y estándares en la implementación para redes FTTH

2.14.1 Estándar ITU-T G.983.X

Los estándares XPON son las distintas maneras de implementar una red PON dependiendo de las tecnologías utilizadas; es así que para abarcar los nombres de las distintas tecnologías PON se utiliza el denominador común XPON.

Los estándares XPON se dividen en: APON, BPON, GPON, EPON.

2.14.2 APON (ATM PON) - ITU-T G.983.1

En cuanto al trabajo de las redes APON (ITU-T G983) se puede mencionar que la transmisión en sentido downstream está formada por ráfagas de celdas ATM9 estándar de 53 bytes a las que se le añaden un identificador de 3 bytes que identifican la ONU generadora de la ráfaga. La máxima tasa soportada en sentido upstream suponiendo que existe una única unidad de red óptica (ONU) es de 155 Mbps. Esta velocidad se reparte en función del número de usuarios.

En sentido upstream la trama se construye a partir de 54 celdas ATM, donde se intercalan dos celdas PLOAM (del inglés Physical Layer Operation, Administration and Management)) donde se introduce información de los destinatarios de cada celda e información de operación y mantenimiento de la red.

La interconexión de OLT's APON con las redes de transporte se realiza a nivel SDH10/ATM, requiriendo una infraestructura de transporte de esta naturaleza. Por otro lado, la velocidad de los equipos APON está limitado a 155 Mbps repartido entre los usuarios que componen un nodo óptico.

2.14.3 BPON (Broad band PON) - ITU-T G.983.x

Esta tecnología surge como una mejora de la tecnología APON para integrar y obtener acceso a más servicios como Ethernet, distribución de video, VPL, y multiplexación por longitud de onda (WDM) logrando un mayor ancho de banda, entre otras mejoras.

Al igual que APON utiliza el protocolo ATM, pero tiene la diferencia que puede dar soporte a otros estándares de banda ancha. En su primera versión, las redes BPON estaban definidas bajo una tasa fija de transmisión de 155 Mbps, tanto para el canal ascendente como para el descendente, sin embargo, más adelante se modificó para flexibilizarla, admitiendo canales asimétricos, Canal descendente 622 Mbps y Canal ascendente 155 Mbps.

A pesar de presentar mejoras respecto a las redes APON, tenían un elevado coste de implantación, así como diversas limitaciones técnicas. Permiten de forma asimétrica alcanzar velocidades de hasta 1.2 Gbps de la siguiente forma:

- Canal descendente: 1,244 Gbps.
- Canal ascendente: 622 Mbps.

Las longitudes de onda de trabajo que establece el estándar BPON, varían en función de si se utilizan 1 o 2 fibras por cada ONT, aunque para ambos establece una longitud de onda dedicada para la difusión de vídeo desde el OLT hasta los ONT, siendo ésta diferente de las utilizadas en la transmisión de voz y datos. Las longitudes de onda son:

Para 1 fibra por cada ONT, compartida para la transmisión y la recepción:

- Canal descendente: λ=1480-1500 nm
- Canal ascendente: λ=1260-1360 nm.
- Video: λ=1550-1560 nm

Para 2 fibras por cada ONT, una para transmisión y otra para recepción:

- Canal descendente: λ=1260-1360 nm
- Canal ascendente: λ=1260-1360 nm
- Video: λ=1550-1560 nm

Las redes BPON, admiten una ratio máxima de 32 divisores por OLT, y cada divisor, admite un máximo de 64 salidas a usuarios ONT. Esto supone un total de:

Usuarios Máximo = 32 (Divisores/OLT)*64 (Usuarios / Divisor) = 2048 usuarios/OLT

2.14.4 GPON (Gigabit PON) - ITU-T G.984.x

A día de hoy, el estándar más avanzando sobre el que se sigue aun trabajando es el nacido a partir de la evolución de las redes BPON. Se denomina GPON (Gigabit PON) y se encuentra estandarizado bajo la norma ITU-T G.984.x.

A continuación, se presenta una descripción de las recomendaciones de la UIT o ITU respecto a la serie G para sistemas, medios de transmisión y redes digitales:

La norma ITU-T G.984.x (x=1.2.3.4.5.6), esta norma ayuda a tomar bases en el diseño y certificación de topologías GPON, también busca optimizar los recursos como elementos pasivos, además de proyectar diseños ideales para evitar trabajos después de la construcción. En la siguiente tabla se detallan características importantes para certificar una red FTTH-GPON.

Tabla 3. Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.x)

ITU-T G.984.1 (ITU-T.2011)	Características generales	Arquitectura del sistema QAM, Tipos de interfaz: servicio usuario, Alcance lógico.	Tipos de servicio tasa física de transmisión y recepción, Rendimiento del sistema	
ITU-T G.984.2 (ITU-T.2012)	Medios físicos dependientes	PARAMETROS CLACE B+ Potencia optima máxima potencia óptica mínima sensibilidad mínima potencia óptica mínima de sobrecarga	ONT, +5dBm +0.5dBm -27dBm -8dBm	OLT +5dBm +1.5dBm -28dBm -8dBm
ITU-T G.984.3 (ITU-T.2011)	Convergencia de transmisión	Subcapa GPON TC rango	formato de trama Seguridad Ancho de banda dinámico Operaciones, administración y mantenimiento	
ITU-T G.984.4 (ITU-T.2011)	Gestión ONT especificación de la interface de control	Interoperabilidad entre OLTs y ONTs de diferentes proveedores.		
ITU-T G.984.5 (ITU-T.2011)	mejoramiento de banda	Define longitudes de onda reservados para las señales de servicio Adicionales utilizando WDM en la futura red GPON, Especifica los requisitos técnicos para la aplicación del filtro de longitud de onda en la ONT		
ITU-T G.984.6 (ITU-T.2011)	Mayor alcance	Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance.		

GPON permite transmisión de información encapsulada bajo dos tecnologías:

- ATM, exactamente igual que en el caso del estándar BPON, pero mejorada.
- Ethernet o TDM, usando para ello el GEM (GPON Encapsulation Mode o modo encapsulado GPON) basado en GFP (Generic Framing Procedure) o dual.

Las mejoras que ofrece GPON respecto de todos los estándares anteriores es, de forma general, aumentar el ancho de banda en transmisión, y aportar seguridad a la propia red a nivel de protocolo.

Así pues, GPON permite tasas de transmisión muy variadas, que se encuentran en el rango de entre los 622 Mbps, (como su antecesor BPON), hasta los 2,488 Gbps en el canal descendente.

Al igual que BPON, este estándar permite tanto la transmisión de datos simétrica como asimétrica, cuyas tasas de transmisión, para cada una de ellas son:

- Transmisión simétrica: caudales de entre 622 Mbps y 2,488 Gbps para canal descendente y ascendente.
- Transmisión asimétrica: caudales diferentes para el canal descendente y ascendente:
  - Canal descendente hasta: 2,488 Gbps.
  - Canal ascendente hasta: 1,244 Gbps

El hecho de permitir un ancho de banda tan sumamente elevado, permite la transmisión de prácticamente cualquier información multimedia y soportar cualquier servicio de operador.

Además, dado su origen de transferencia multi-soporte (ya sea vía ATM o vía Ethernet y TDM), le configura como soporte global multi-servicio:

- Transmisión de voz.
- Ethernet 10/100 Base-T.
- Servicio ATM.

Cabe destacar que la estandarización permite encauzar el canal descendente y el ascendente bajo 1 o 2 fibras monomodo (según norma ITU-T G.652), con un alcance máximo de 60 km entre divisor y ONT, y de 20 km entre ONTs de misma etapa.

Las longitudes de onda de trabajo que establece el estándar GPON varían en función de si se utilizan 1 o 2 fibras por cada ONT, aunque para ambos establece una

longitud de onda dedicada para la difusión de vídeo desde el OLT hasta los ONT, siendo ésta diferente de las utilizadas en la transmisión de voz y datos.

Las longitudes de onda son:

Para 1 fibra por cada ONT, compartida para la transmisión y la recepción:

- Canal descendente: λ=1480-1500 nm
- Canal ascendente: λ=1260-1360 nm
- Video: λ=1550 nm

Las redes GPON, admiten un ratio máximo de 128 divisores ópticos por OLT, y cada divisor admite un máximo de 64 salidas a usuarios ONT. Esto supone un total de:

Usuarios Máximos: 128 (Divisores/OLT) * 64 (Usuarios / Divisor) = 8192 **Usuarios / OLT**

Comparativamente, el estándar GPON permite aumentar de forma considerable el número de ONTs conectadas a un mismo OLT de cabecera.

2.15 Estándar IEEE 802.3ah

2.15.1 EPON (Ethernet PON)

La principal característica es que transporta tráfico nativo de red Ethernet en lugar del clásico tráfico ATM.

La intención de este estándar era aprovechar las ventajas de la tecnología de fibra óptica de redes PON, y aplicarlas a Ethernet. Se optimizó el tráfico IP, se mejora la seguridad y soporta mayores velocidades de transmisión de datos. Trabaja directamente a velocidades Gigabit (Se divide entre el número de usuarios). La reducción de los costes debido a que no utilizan elementos ATM y SDH, sino que se transmiten tramas Ethernet puras.

Las características principales de este tipo de red son:

- La tasa binaria es simétrica: 1244 Gbps tanto para Downstream como para Upstream.
- Admite un máximo de 16 divisores por OLT permitiendo 1024 usuarios / OLT.
- El tipo de fibra que se utiliza es monomodo estándar según la norma ITU-T G.652.
- La longitud máxima de la fibra no puede superar los 10 km.

Sus principales ventajas frente a los sistemas anteriores APON y BPON son:

- Ofrece QoS (Calidad de servicio) en ambos sentidos, tanto descendente como ascendente. La interconexión entre las etapas es más simple.
- Facilita en gran medida la llegada con fibra hasta los abonados, ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet.
- La gestión y administración de la red se basa en el protocolo SNMP, lo cual permite reducir la complejidad de los sistemas de gestión de otras tecnologías.

A continuación, se muestra la tabla comparativa de los estándares mencionados:

Tabla 4. Comparativa de las principales tecnologías sobre PON.

Características	ITU-T BPON	ITU-T GPON	IEEE EPON
Tasa de bits (Mbps)	down: 1.244, 622, 155 up: 622, 155	down: 2.488, 1.244 up: 2.488, 1.244, 622, 155	down: 1.250 up: 1.250
Codificación de línea	NRZ (+ scrambling)	NRZ (+ scrambling)	8b/10b
Ratio de división máxima	01:32	1:128 (1:64 en la práctica)	01:32
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)	10 km
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes
Soporte video RF	No	Si	No
Eficiencia típica	83% downstream 80% upstream	93% downstream 94% upstream	61% upstream 73% downstream
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM (+SNMPopcional)
Seguridad Downstream	AES	AES	DES

2.15.2 ITU-T G-652 Características de un cable de fibra óptica monomodo.

La Recomendación UIT-T G.652 describe las características geométricas, mecánicas y de transmisión de fibras y cables ópticos monomodo cuya longitud de onda de dispersión nula está situada en torno a 1310 nm. En un principio, la fibra UIT-T G.652 fue diseñada para funcionar óptimamente en la región de longitud de onda de 1310 nm, pero puede asimismo utilizarse en la región de 1550 nm. Ésta es la última revisión de una Recomendación creada en 1984 y ha sufrido algunas modificaciones relativamente poco importantes. Mediante la presente revisión se pretende mantener el ininterrumpido éxito comercial de esta fibra en los sistemas de transmisión óptica de alta calidad, que no dejan de evolucionar.

2.15.3 Estándar G.657 para Fibra Óptica

En esta recomendación se describen dos categorías de cables de fibra óptica monomodo apropiados para su utilización en redes de acceso. Las principales características de un hilo de fibra óptica monomodo es que soporta menores radios de curvatura que las fibras tradicionales. Recomendada para aplicaciones FTTx cuya perdida se asocia a la atenuación en hilo de fibra óptica monomodo.

Estas dos categorías mencionadas son la G.657A y B. La categoría A es total compatible con las fibras monomodo UIT-TG.652. La categria B, no es necesariamente compatible con UIT-T G.652, pero es capaz de tener bajos valores de pérdidas en macro curvatura (radio de curvatura del cable muy baja), incorporados en subcategorías que sub-difieren en pérdidas de macro curvatura.

La fibra categoría A optimiza la perdida por micro curvaturas comparada con la recomendación ITU-T G.652 siendo totalmente compatible con la misma pudiendo ser instalada para implementaciones tanto de transporte como también de acceso. Esta categoría es apta para las transmisiones en las bandas desde los 1260nm a 1625nm.

Sub-categoría ITU-T G.657 A1 las fibras son apropiadas para un radio mínimo de 10mm.

Sub-categoría ITU-T G.657 A2 las fibras son apropiadas para un radio mínimo de 7.5mm.

La fibra categoría B optimiza aún más las perdidas por micro curvas en comparación con la ITU-TG.652D y ITU-T G.657A, pero está diseñada para distancias cortas, no mayores a 1000m para implementaciones de redes de acceso, última milla o campus. Al igual que el anterior apta para transmisión en las bandas de 1260nm a 1625nm.

La fibra categoría B, no necesariamente es compatible con la recomendación ITU-T G.652D en términos de dispersión cromática y modo de polarización. Sin embargo, para implementaciones de redes de acceso la ITU-T G.657B es compatible con ITU-T G.657A y ITU-T G.652D, pero no así en soluciones de mayor distancia como en redes de transporte.

Sub-categoría ITU-T G.657 B2 las fibras son apropiadas para un radio mínimo de 7.5mm.

Sub-categoría ITU-T G.657 B3 las fibras son apropiadas para un radio mínimo de 5.5mm.

Figura 29. Tipos de cable de fibra óptica tipo drop.

Tabla 5. Especificaciones en curvatura de la NORMA ITU-T G.657

Parámetro	**Norma ITU-T G.657**	
	ITU-T G.657 categoría A	ITU-T G.657 categoría B
Cumplimiento con ITU-T G.652D	Necesario	No necesario
1 vuelta x 75mm de radio a 1550nm	no especificado	≤0,5dB
1 vuelta x 75mm de radio a 1625nm	no especificado	≤1,0dB
1 vuelta x 10mm de radio a 1550nm	≤0,75dB	≤0,1dB

1 vuelta x 10mm de radio a 1625nm	≤1,5dB	≤0,2dB
1 vuelta x 15mm de radio a 1550nm	≤0,25dB	≤0,03dB
6 vuelta x 15mm de radio a 1625nm	≤1,0dB	≤0,1dB

Hoy en día podemos encontrar variedad de construcción de cables de fibra óptica de bajada, se tiene para uso de interiores y exteriores, desde un pelo a cuatro o más pelos, según la implementación y fabrica. Para el uso de interiores podemos encontrar con recubiertas transparentes o blancas con la inscripción LSZH (Low Smoke Zero Halogen) inclusive se venden dentro de cintas con autoadhesivo o cable canal. Para usos externos encontramos cables dieléctricos de Aramida o con tensor metálico, cilíndricos, rectangulares en general con la recomendación de la categoría A ITU-T G.657A y protecciones UV.

Actualmente las fábricas han mejorado el proceso, encontrando un equilibrio entre desempeño y compatibilidad, llegando tener compatibilidad entre las categorías A y B e ITU-T G.652D.

CAPITULO III

3 INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1 Planificación de la red FTTH

- **Relevamiento de los servicios tecnológicos alámbricos actuales:** Se verifican las coberturas de las empresas de telecomunicaciones que prestan el servicio de internet.
- **Relevamiento del sector:** Los sectores de Porvenir I, Tupac Katari y Villas Rositas, se encuentran dentro de la Urbanización de Señor de Lagunas-San Roque, y estas están delimitadas por la Av. Santa Barbara, 2 de febrero y Calle Kantuta, donde también se estimó la cantidad de hogares.
- **Diseño de planta externa.**
- **Topología de red:** Topología distribuida**.**
- **Definición de la ruta por tramos de la red de alimentación (feeder) y distribución:** Son las delimitaciones por tramos del tendido de cable de fibra óptica.
- **Presupuesto de atenuaciones ópticas:** Se calculará las potencias y atenuaciones de la red FTTH para la validación e implementación del proyecto.
- **Diseño de planta interna.**
- **Ubicación de la oficina central:** La oficina central es donde se ubicarán los equipos OLT y Mikrotik.
- **Definición del tipo de servicio y ancho de banda:** estos quedaran sujetos por el operador.
- **Implementación del prototipo y funcionamiento de la red.**
- **Equipos de la central de acceso y del área de usuario.**

3.2 Relevamiento de servicios tecnológicos alámbricos actuales

Los datos obtenidos se lo obtuvieron de manera individual de las empresas de telecomunicaciones como ser; Entel S.A, Tigo, AXS, ya que estas prestan el servicio de internet fijo ilimitado con tecnología alámbrica tanto como FTTH y HFC, según los datos recopilados tenemos las siguientes coberturas:

3.2.1 Cobertura de la empresa ENTEL S.A

En la siguiente figura se observa la cobertura que tiene la empresa de Entel S.A, para el sector de rio seco, y tiene su alcance máximo hasta en la zona de ex parada 8 Bautista Saavedra.

La primera zona donde se realizará el relevamiento para la implementación de la red FTTH es en el sector del Porvenir una referencia es el Colegio Simón Bolívar y tiene una distancia aproximadamente de 2Km, con respecto a la cobertura que presenta ENTEL S.A. por lo cual se observa que no se tiene cobertura alámbrica para el servicio de internet para este sector.

Figura 30. Cobertura FTTH ENTEL S.A

Fuente: Call Center DATACOM

3.2.2 Cobertura de la empresa TIGO

En la siguiente figura se observa la cobertura que tiene la empresa TIGO, para el sector de Lagunas, y tiene su alcance máximo hasta la avenida Santa Bárbara.

La primera zona donde se realizará el relevamiento para la implementación de la red FTTH es en el sector del Porvenir una referencia es el Colegio Simón Bolívar y tiene una distancia aproximadamente de 130 metros, con respecto a la cobertura que presenta TIGO. Sin embargo, la tecnología que presenta es HFC y esta tiene un

alance máximo de 45 metros para la instalación hacia el abonado por lo cual se observa que no se tiene cobertura alámbrica para el servicio de internet para este sector.

Figura 31. Cobertura HFC TIGO

Fuente: Pagina Web de TIGO

3.2.3 Cobertura de la empresa AXS

En la siguiente figura se observa la cobertura que tiene la empresa de AXS, y esta presenta cobertura en el sector de San Roque.

La primera zona donde se realizará el relevamiento para la implementación de la red FTTH es en el sector del Porvenir una referencia es el Colegio Simón Bolívar y tiene una distancia aproximadamente de 2.6Km, con respecto a la cobertura que presenta AXS. Por lo cual se observa que no se tiene cobertura alámbrica para el servicio de internet para este sector.

Figura 32. Cobertura FTTH AXS

3.3 Relevamiento de los sectores

Las zonas Porvenir, Rositas, Túpac Katari quedan ubicadas en la Urbanización Señor de Lagunas-San Roque del distrito 7 de la ciudad de El Alto, cuenta con una población los cuales muchas de ellas son migrantes de sectores rurales, la habitad del lugar es concurrente, todo esto se observó realizando un recorrido visual del lugar contabilizando la cantidad de medidores existentes en estas tres zonas esto para poder estimar la cantidad de posibles usuarios, Esta infraestructura cuenta con algunos terrenos baldíos en el que no viven familias.

En el trabajo de relevamientos por sector se definirán las áreas de cobertura que tendrá el diseño a implementar de la red FTTH, en estas áreas se hará el respectivo relevamiento de los sectores, para el diseño y montaje, definiremos la oficina central, la red troncal, los ramales de la red y los puntos de distribución donde se instalaran las cajas NAP.

3.3.1 Relevamiento sector Porvenir I

En este sector se hizo un trabajo de relevamiento de aproximadamente de 1 semana, se contabilizo la cantidad de manzanas figura 32, se estimó la cantidad de hogares tabla 6, y también se verifico los postes eléctricos para definir la ruta donde se tendera el cable de fibra óptica de 4 hilos

Figura 33.Área de cobertura para el diseño de la red sector Porvenir I.

Fuente: Propia

Tabla 6. Cantidad de hogares por manzana en sector Porvenir I.

PORVENIR I	
N° DE MANZANA	**N° DE HOGARES**
1	11
2	9
3	10
4	8
5	10
6	8
7	9
8	11
9	COLEGIO
10	8
11	12
12	9
13	11
14	10
15	7
16	12
17	9
18	10
19	9
20	7
TOTAL	**179**

Fuente: (propia)

En las siguientes figuras, se observa el sector del Porvenir I, donde se realizará el 1er diseño e implementación, podemos observar las casas que se beneficiaran con el implemento de la red de FTTH.

Figura 34. Sector Porvenir I.

Fuente: Propia

Figura 35. Casas del sector Porvenir I.

Fuente: Propia

3.3.2 Relevamiento sector Tupac Katari

En este sector se hizo un trabajo de relevamiento de aproximadamente 1 semana y media, se contabilizo la cantidad de manzanas figura 35, se estimó la cantidad de hogares tabla 7, y también se verifico los postes eléctricos para definir la ruta donde se tendera el cable de fibra óptica de 1 hilo

Figura 36.Área de cobertura para el diseño sector Tupac Katari.

Fuente: Propia

Tabla 7. Cantidad por hogares por manzanas en sector Tupac Katari

TUPAC KATARI	
N° DE MANZANA	**N° DE HOGARES**
1	12
2	10
3	7
4	11
5	9
6	11
7	8
8	7
9	5
10	8
11	8
12	7

13	10
14	8
15	2
16	7
17	5
18	4
19	VACIO
20	4
21	8
22	3
23	7
24	4
TOTAL	**165**

Fuente: (propia)

En las siguientes figuras, se observa el sector de Tupac Katari, donde se realizará el 2do diseño e implementación, podemos observar las casas que se beneficiaran con el implemento de la red de FTTH.

Figura 37. Sector Tupac Katari

Fuente: Propia

Figura 38. Casas del sector Tupac Katari.

Fuente: Propia

3.3.3 Relevamiento Villa Rositas

En este sector se hizo un trabajo de relevamiento de aproximadamente 1 semana y media, se contabilizo la cantidad de manzanas figura 38, se estimó la cantidad de hogares tabla 8, y también se verifico los postes eléctricos para definir la ruta donde se tendera el cable de fibra óptica de 1 hilo.

Figura 39.Área de cobertura para el diseño sector Villa Rositas.

Fuente: Propia

Tabla 8. Cantidad de hogares por manzanas del sector Villa Rositas.

VILLA ROSITAS	
N° DE MANZANA	**N° DE HOGARES**
1	9
2	13
3	7
4	8
5	14
6	11
7	7
8	CANCHA
9	ESCUELA
10	10
11	8
12	11
13	10
14	8
15	10
16	6
17	VACIO
18	8
19	8
20	VACIO
21	5
TOTAL	**153**

Fuente: (propia)

En las siguientes figuras, se observa el sector de Villa Rositas, donde se realizará el 3er diseño e implementación, podemos observar las casas que se beneficiaran con el implemento de la red de FTTH.

Figura 40. Sector Villa Rositas.

Fuente: Propia

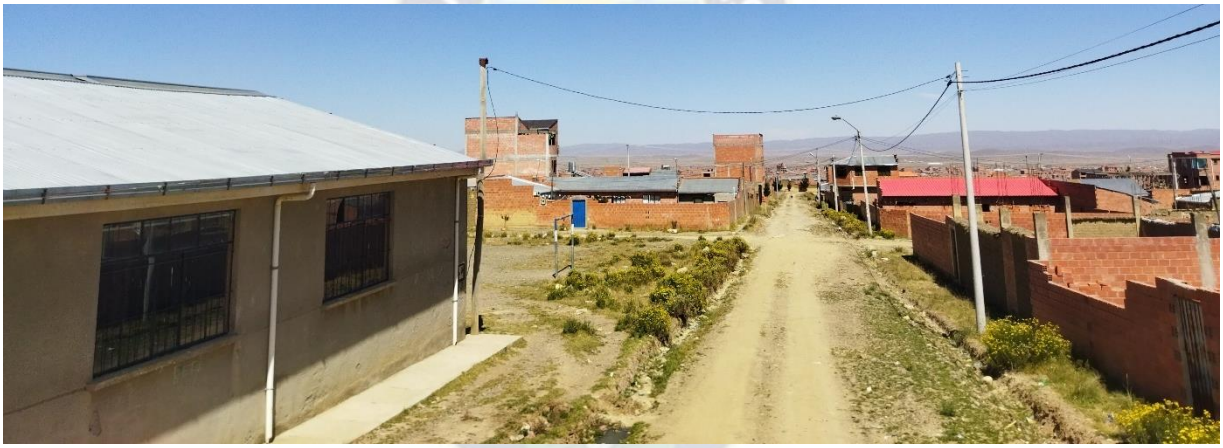


Figura 41. Casas del sector Villa Rositas.

Fuente: Propia

3.4 Demanda del sector para abonados

Para el diseño debe existir un requerimiento o una demanda por parte de un cliente o de varios, para poder realizar una propuesta de proyecto FTTH, luego brindar el servicio de internet por parte del operador. Para tal efecto se hace el recorrido visual en campo, donde se va a ejecutar el proyecto además tenga todas las facilidades para poder tender la red de fibra óptica y procedemos a la contabilización de clientes o de potenciales clientes en el sector. Si en el sector hay urbanizaciones habitacionales, habrá dos tipos de clientes: masivos o de consumo masivo del servicio de internet, pero si en el sector existe una zona industrial es una zona corporativa pues la demanda será diferente. No es lo

mismo tener clientes masivos a tener clientes corporativos o clientes industriales, el cliente corporativo y el cliente industrial tienen una capacidad más alta de pago por los servicios de telecomunicaciones a diferencia del servicio masivo que su capacidad de pago no es tan elevada. Una vez que hemos determinado el tipo de clientes que tendrá el sector debemos determinar la proyección anual de crecimiento del mismo, es decir si va ser de 2%, 3% o 4% (todos estos datos se los puede sacar del INE), entonces debemos determinar la predicción anual de crecimiento del sector. Una vez que hemos realizado todos estos pasos pues pasamos a calcular la demanda.

COMO CALCULARLOS:

Para el cálculo de la demanda usamos la siguiente formula:

$$Df = Do \cdot (1+i)^n$$

Donde:

Df: Demanda final

Do: Demanda inicial

i: Indice de crecimiento anual (INE)

n: tiempo de proyección (AÑOS), a cuanto nos proyectamos o en qué tiempo nos proyectamos copar nuestra red 2.3.5.10 años.

Do=497

i: 3%

n=1 años

$$Df = Do \cdot (1+i)^n$$
$$Df = 497 \cdot (1+0.03)^1$$
$$Df = 511.91$$
$$Df = 512$$

Lo que implica que se debe realizar el diseño para una red FTTH, para una cantidad de 512 abonados previstos para 1 año.

3.4.1 Ubicación de la oficina central (central de acceso)

La oficina central es donde se encontrarán los equipos de red interna como la OLT (equipo principal), pueden ser ubicada en la Urb. Señor de Lagunas, como un nodo

intermedio y como lugar de estudio tomamos como referencia calle Honduras y Pabón, nro. 23 Latitud: -16.475401° Longitud: -68.249725°.

La central de acceso es donde se instalarán los equipos y materiales necesarios, para implementar y dar funcionamiento a la red FTTH, se albergarán la OLT, Mikrotik, Modem, ODF y se empezara a montar la red troncal desde la torre que tiene la central.

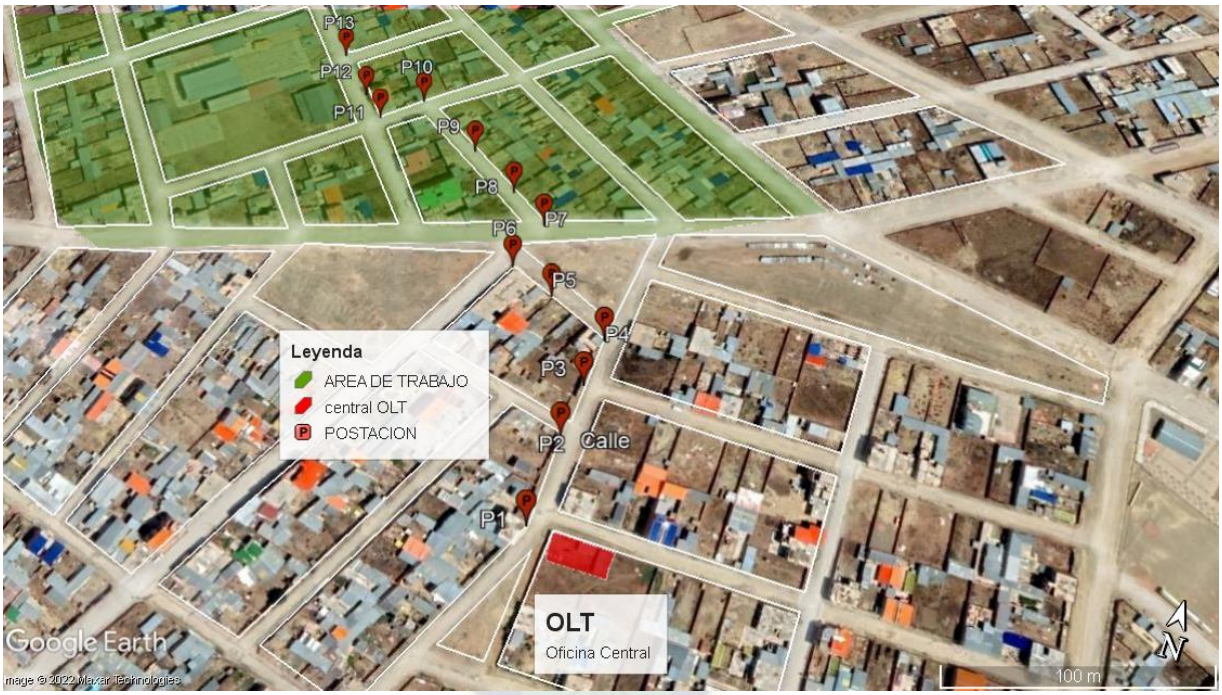


Figura 42. Oficina Central

Fuente: Propia

3.5 Diseño de planta externa

3.5.1 Postación eléctrica

El relevamiento de postación eléctrica se tomará en cuenta desde la central de referencia de la OLT, tomando calles y avenidas estratégicas para poder cubrir las zonas en común, tales como porvenir I, Tupac Katari y Villa Rositas.

Figura 43. Postación eléctrica

Fuente: Propia

En algunos postes estratégicos (donde exista mayor afluencia de habitantes), es donde se pueden colocar las cajas NAPs de 8 y 16 puertos en las cuales a su interior también llevarán SPLITTERS de 1er y 2do nivel.

Las zonas donde se van a realizar el diseño son como ya mencionamos, porvenir I, tupac Katari y Villa Rositas, muchas de ellas son casas de planta baja y algunas de piso.

Para empezar el diseño de la planta externa se debe tener definido la zona, cantidad de hogares y la postación mediante un relevamiento de campo, en este caso ya se tiene establecido estos dos factores en los títulos anteriores de relevamiento de sector.

Los sectores donde se realizó el relevamiento figuran de color verde teniendo un estimado total de 512 hogares en demanda de un año para los sectores.

3.5.2 Diagrama unifilar

Se pone a consideración aplicar una topología distribuida, con una razón de división óptica de 1:64, esto se hace que por cada puerto GPON de la OLT se pueda atender a 64 hogares (recomendable), para tener una referencia de la cantidad de hilos que va a necesitar la red de alimentación, se realiza una división de los 512 hogares

entre 64 usuarios por puerto GPON de la OLT, el resultado da 8 en número redondeado, esto quiere decir que como mínimo se necesitará 8 hilos en la línea de alimentación.

$$D_f = 512 usuarios$$

$$puerto\ OLT = 64\ Usuarios$$

$$Hilo\ de\ FO = 512 usuarios \times \frac{1\ puerto\ OLT}{64 usuarios} = 8$$

$$Nro.\ de\ hilos\ a\ usar = 8$$

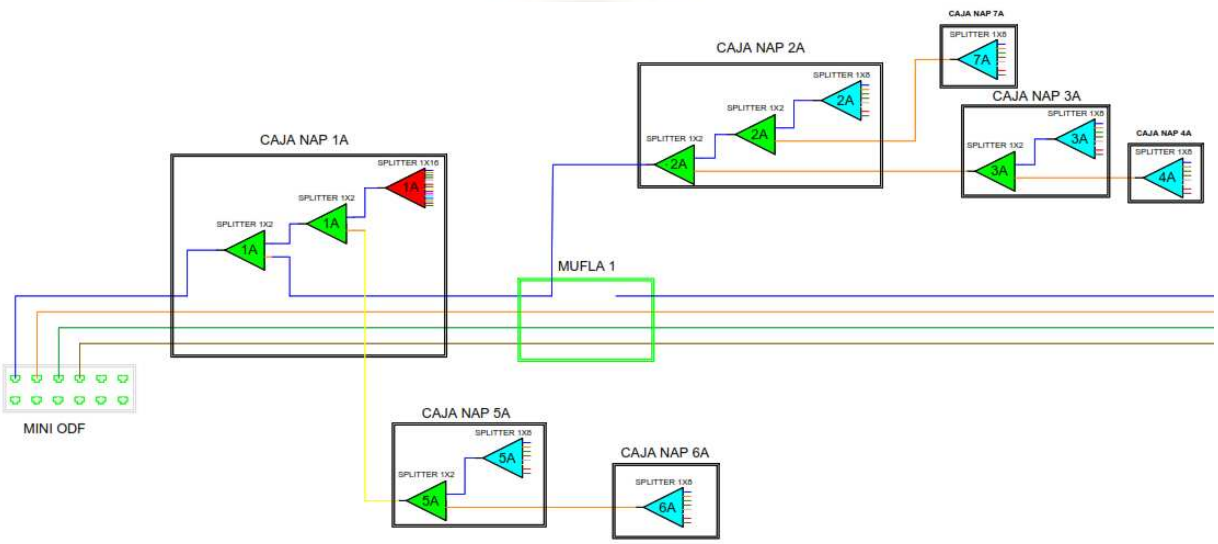


Figura 44. Diagrama unifilar de la red FTTH.

Fuente: Propia

3.5.3 Tramos de la Red urbana y Red de distribución

La red urbana (línea de alimentación) es aquella que deberia ir por postes ya que estas sostendrán el cable de fibra óptica de 4 hilos, en el diseño de la red el tendido se hará por tramos.

Para realizar los tramos de la red urbana en nuestro diseño se tomaron en cuenta los datos en el relevamiento que se hizo anteriormente, podemos definir la ruta o el 1er tramo de la RED URBANA que nace desde la CENTRAL DE ACCESO.

La red de alimentación diseñada cuenta con 6 splitters ópticos 1x2 estas se deberían fusionar según el esquema unifilar con la RED DE DISTRIBUCIÓN, estas estarán en 7 cajas NAP, se tendrá una mufla de derivación, para el sector de Tupac Katari y Villa Rositas, según diseño se está considerando dejar reservas de

aproximadamente 40 metros de cable después de pasar por avenidas grande, esto con el fin de solucionar cualquier tipo de eventos que se puede presentar en la red.

Figura 45. Tramo A de la Red FTTH.

Fuente: propia

Tabla 9. Conteo de elementos Tramo A Sector Porvenir I.

TRAMOS	NAP	SPLITTER 1X2	MUFLAS	N ° RESERVAS	N° DE POSTES	DISTANCIA (m)	N° DE HILOS
TRAMO A	1:16 (1A)	2	0	1	13	406	4

Fuente: propia

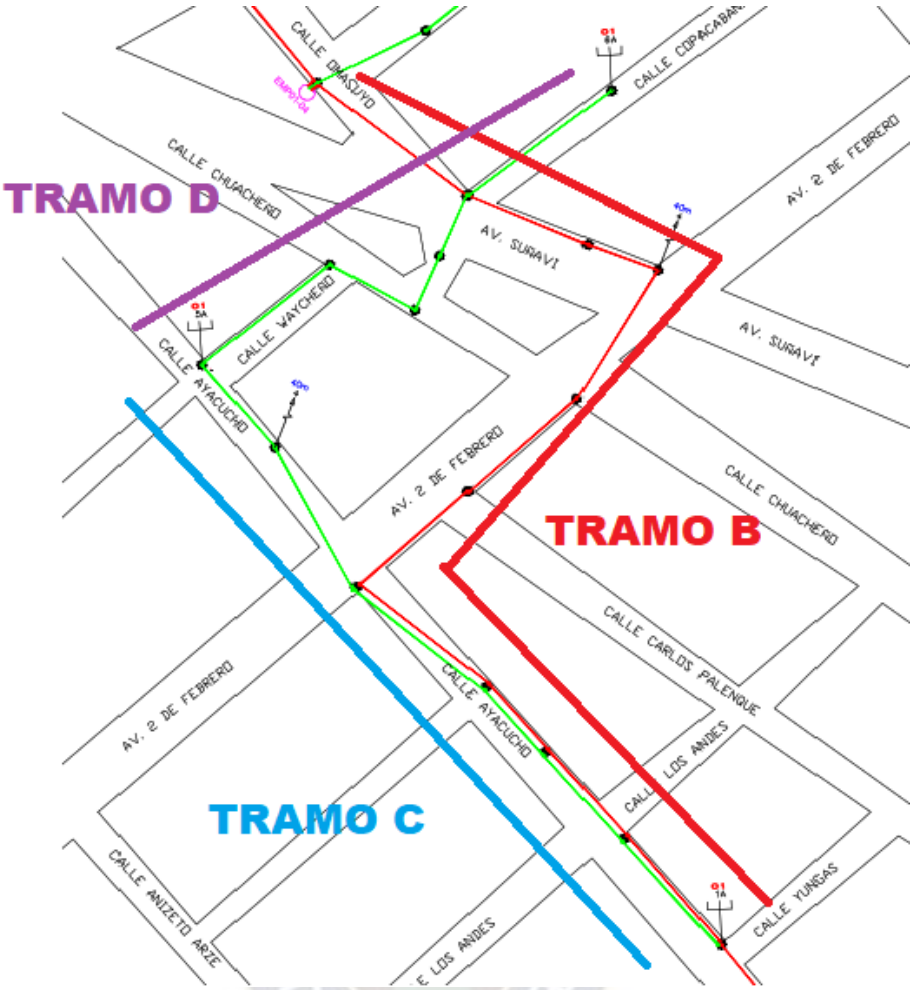


Figura 46. Tramo B, C y D de la red FTTH.

Fuente: propia

Tabla 10. Tramos B, C Y D, sector Porvenir I y Tupac Katari.

TRAMOS	NAP	SPLITTER 1X2	MUFLAS	N ° RESERVAS	N° DE POSTES	DISTANCIA (m)	N° DE HILOS
TRAMO B	0	0	1	1	10	420	4
TRAMO C	1:8 (5A)	1	0	1	6	260	1
TRAMO D	1:8 (6A)	0	0	0	5	160	1

Fuente: propia

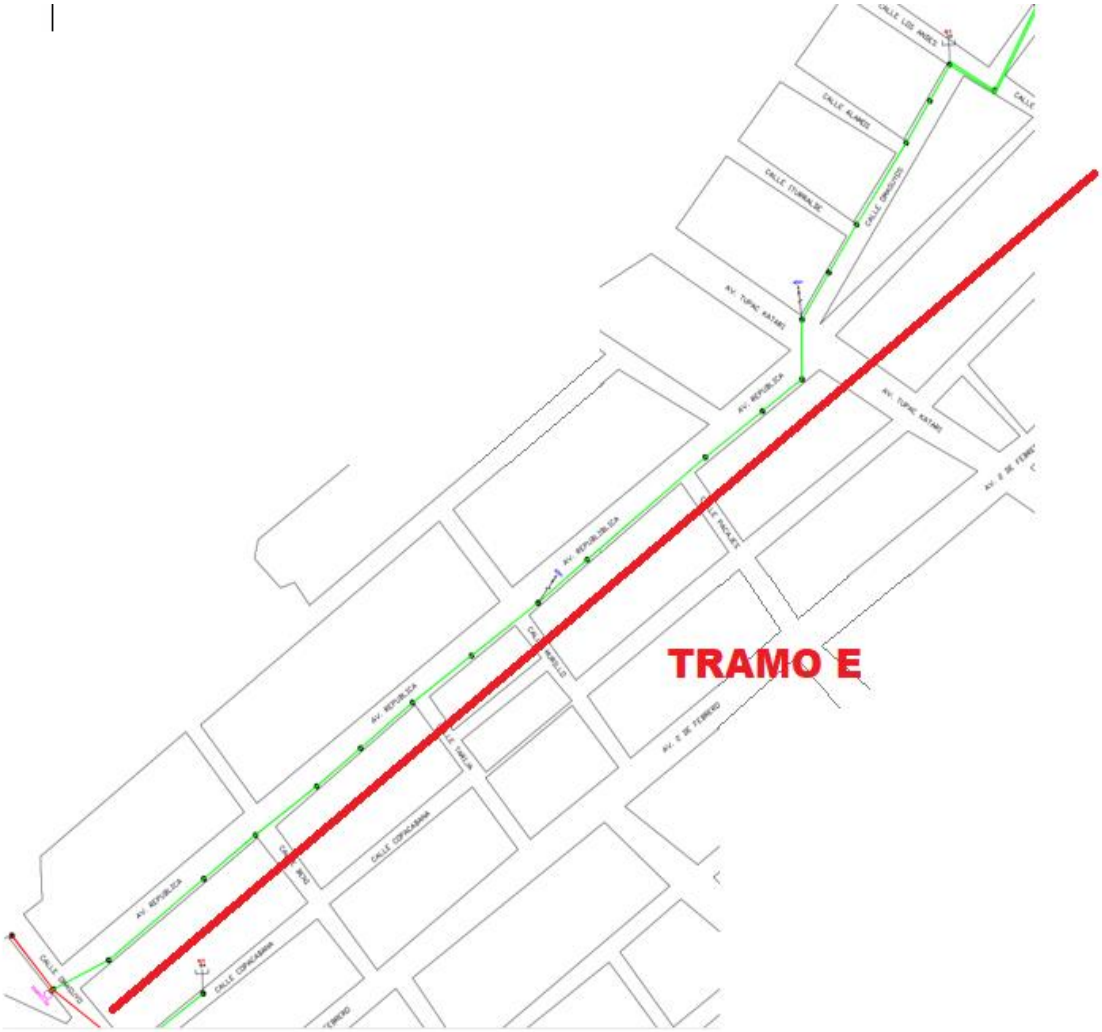


Figura 47. Tramo E de la red FTTH.

Fuente: propia

Tabla 11. Conteo del tramo E, sector Tupac Katari.

TRAMOS	NAP	SPLITTER 1X2	MUFLAS	N ° RESERVAS	N° DE POSTES	DISTANCIA (m)	N° DE HILOS
TRAMO E	01:16 (2A)	2	0	2	18	774	1

Fuente: propia

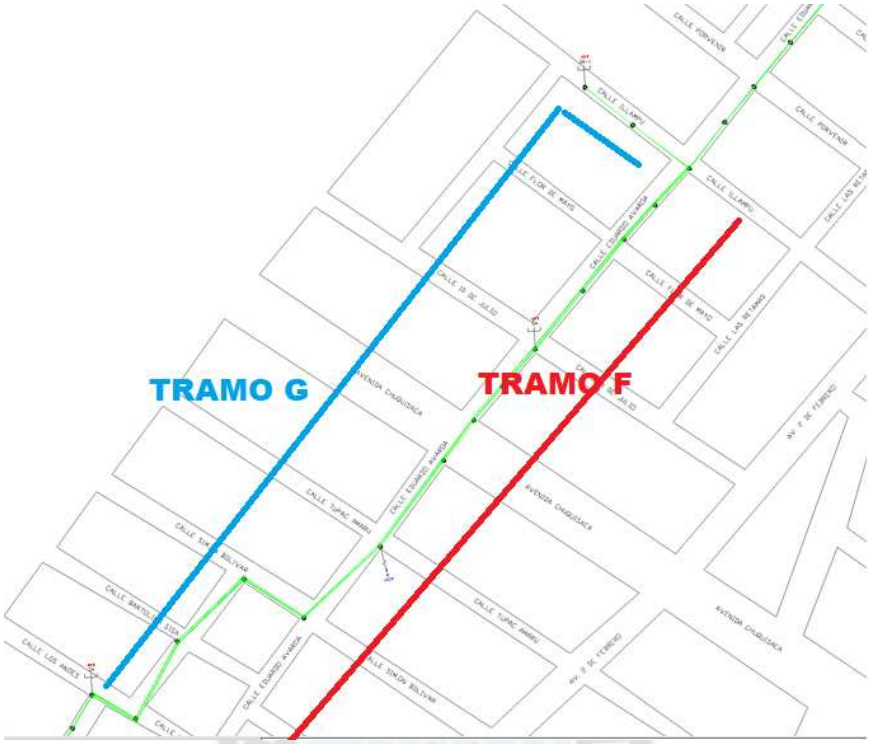


Figura 48. Tramo F y G de la red FTTH.

Fuente: propia

Tabla 12. Conteo del tramo F y G, sector Tupac Katari y Villa Rositas.

TRAMOS	NAP	SPLITTER 1X2	MUFLAS	N ° RESERVAS	N° DE POSTES	DISTANCIA (m)	N° DE HILOS
TRAMO F	1:8 (3A)	1	0	1	9	408	1
TRAMO G	1:8 (7A)	0	0	0	15	571	1

Fuente: propia

Figura 49. Tramo H de la red FTTH.

Fuente: propia

Tabla 13. Conteo tramo H, sector Villa Rositas.

TRAMOS	NAP	SPLITTER 1X2	MUFLAS	N ° RESERVAS	N° DE POSTES	DISTANCIA (m)	N° DE HILOS
TRAMO H	1:16 (4A)	0	0	0	12	385	1

Fuente: propia

Para visualizar el diseño de la red FTTH, ver ANEXO 1.

3.6 Presupuesto de pérdidas y potencias ópticas del diseño de red FTTH

Al calcular el presupuesto de pérdidas ópticas (Loss Budget) de la red FTTH es indispensable realizar un análisis de pérdidas de potencias y atenuaciones de cada elementos y etapas que conforman la red esto nos indicará lo máximo que se puede llegar en cuestión de metraje, cantidad de hogares a atender, el número de splitter ópticos que podemos considerar el ratio máximo de división óptica por puerto GPON OLT.

Para pruebas de laboratorio se va a considerar el peor escenario con el que podamos garantizar el funcionamiento de la red FTTH. En la tabla 14 se muestran los datos de la potencia de transmisión y sensibilidad de recepción de la OLT (ver ANEXO 5) y ONT (ver ANEXO 16) obtenidos de sus especificaciones técnicas.

Tabla 14. Datos para el cálculo de potencia óptica de la red FTTH.

	Potencia de Transmisión	**Sensibilidad de Recepción**
OLT (HUAWEI GPON-CLASS C+ SSX1T1LTD	3 a +7dBm	-12 a -32dBm
ONT (HUAWEI GPON EG8141A5)	0,5 a +5dBm	-8 a -27dBm

Fuente: Propia

Una vez se tiene definido los datos se procede a realizar el cálculo de la cantidad de potencia óptica disponible, el cual es la resta de la potencia mínima de transmisión del emisor frente a la sensibilidad mínima del receptor, como la comunicación es bidireccional se realizará el cálculo en ambos sentidos, ver tabla 15.

Tabla 15. Cálculo de potencia disponible en la red FTTH

	Presupuesto 1 OLT -> ONT	**Presupuesto 2 ONT -> OLT**
OLT - Potencia Mínima Tx	+3 dBm	-
ONT - Sensibilidad mínima Rx	-27 dBm	-
ONT - Potencia Mínima Tx	-	+0,5 dBm
OLT - Sensibilidad Mínima Rx	-	-32 dBm
Luz Disponible	+30 dB	+32,5 dB

Fuente: Propia

De la tabla 15 se va a tomar como referencia el peor escenario, el cual es 30 dB para 1490 nm (sentido OLT a ONT, downstream), esto quiere decir que tenemos como presupuesto de pérdida óptica un máximo de 30 dB a lo largo del enlace de la red FTTH. Para realizar el cálculo del presupuesto de pérdida óptica se tiene en consideración ocho valores, los cuales se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Valores de atenuación para el presupuesto óptico.

	Valor Máximo
Fibra óptica Estándar ITU G657A	0,4 dB/Km (1490nm)
acople ANSI / TIA / EIA-568-C.3	0,2 dB
conector ANSI / TIA / EIA-568-C.3	0,3 dB
Empalme por fusión ANSI / TIA / EIA-568-C.3	0,1dB
Conector mecánico ITU-T L.12	0,5 dB
splitter óptico 1x2 TELCORDIA GR-1209/GR-1221	3,7 dB
splitter óptico 1x8 TELCORDIA GR-1209/GR-1221	10,5 dB
splitter óptico 1x16 TELCORDIA GR-1209/GR-1221	13.7 dB

Fuente: (Perrones, 2021)

Con la ecuación (1) determinaremos la atenuación (teórica) total que se estima por cada componente o elemento de la red FTTH-GPON.

$$AT = n_a * B + n_c * C + n_f * F + n_s * S + p_v * D \quad (1)$$

Donde:

$AT =$ Atenuación Total.

$n_a =$ cantidad de acoples, $B =$ perdida del acople.

$n_c =$ cantidad de conectores, $C =$ perdida del conector.

$n_f =$ cantidad de fusiones, $F =$ perdida por fusión.

$n_s =$ cantidad de splitter, $S =$ perdida del splitter.

$p_v =$ perdida de 0.4dB/Km (ventana 1490nm), $D =$ distancia total del enlace.

Con la ecuación (2) determinamos la potencia (teórica) que entregará cada caja Nap.

$$P_{Nap\ (XA)} = +3dBm - AT \quad (2)$$

Con la información de la *tabla 16*, la ecuación (1) y el diagrama unifilar se presenta las tablas con las atenuaciones estimadas para cada caja NAP, para estos cálculos se tomarán en cuenta la ventana 1490 nm debido que su atenuación es mayor que la de 1310 nm.

- **Caja NAP 1-A:** a continuación, se presentan las atenuaciones de los elementos que conforman la caja de distribución.

Tabla 17. Atenuación caja NAP 1A valores teóricos.

Caja NAP 1A		Atenuación dB
N° de fusiones	4	0,4
N° de acopladores	2	0,6
N° de conectores	2	0,6
N° de splitter 1x2	2	7,4
N° de splitter 1x8	0	0
N° de splitter 1x16	1	13,7
Distancia tramo A (metros)	406	0,1624
Atenuación Total		**22,8624**

Fuente: propia

La atenuación máxima teórica que presentara la caja NAP 1-A, es de 22.8624 dB. La potencia que entrega el SFP C+ de la OLT es de +3dBm, por lo tanto, con la ecuación (2) se determina la potencia teórica

$$P_{Nap\ 1A} = +3dBm - 22.8624dB$$

$$P_{Nap\ 1A} = -19.862\ dBm$$

- **Caja NAP 2-A:** a continuación, se presentan las atenuaciones de los elementos que conforman la caja de distribución.

Tabla 18. Atenuación caja NAP 2 A valores teóricos.

NAP 2A		Atenuación dB
N° de fusiones	6	0,5
N° de acopladores	2	0,6
N° de conectores	2	0,6
N° de splitter 1x2	3	11,1
N° de splitter 1x8	1	10,5
N° de splitter 1x16	0	0
distancia tramos A, B y E (metros)	1600	0,64
Atenuación Total		**24,04**

Fuente: propia

La atenuación máxima teórica que presentara la caja NAP 2-A, es de 24.04 dB. La potencia que entrega el SFP C+ de la OLT es de +3dBm, por lo tanto, con la ecuación (2) se determina la potencia teórica

$P_{Nap\ 2A} = +3dBm - 24.04dB$

$$P_{Nap\ 2A} = -21.04\ dBm$$

- **Caja NAP 3-A:** a continuación, se presentan las atenuaciones de los elementos que conforman la caja de distribución.

Tabla 19. Atenuación caja NAP 3 A valores teóricos.

NAP 3A		Atenuación dB
N° de fusiones	8	0,8
N° de acopladores	2	0,6
N° de conectores	2	0,6
N° de splitter 1x2	3	11,1
N° de splitter 1x8	1	10,5
N° de splitter 1x16	0	0
distancia tramos A, B, E y F (metros)	2008	0,8032
Atenuación Total		**24,4032**

Fuente: propia

La atenuación máxima teórica que presentara la caja NAP es de 24.4032 dB. La potencia que entrega el SFP C+ de la OLT es de +3dBm, por lo tanto, con la ecuación (2) se determina la potencia teórica

$P_{Nap\ 3A} = +3dBm - 24.4032dB$

$$P_{Nap\ 3A} = -21.4032\ dBm$$

- **Caja NAP 4-A:** a continuación, se presentan las atenuaciones de los elementos que conforman la caja de distribución.

Tabla 20. Atenuación caja NAP 4 A valores teóricos.

NAP 4A		Atenuación dB
N° de fusiones	9	0.9

N° de acopladores	2	0,6
N° de conectores	2	0,6
N° de splitter 1x2	3	11,1
N° de splitter 1x8	1	10.5
N° de splitter 1x16	0	0
distancia tramos A, B, E, F y H (metros)	2393	0,9572
Atenuación Total		**24.6572**

Fuente: propia

La atenuación máxima teórica que presentara la caja NAP 4-A, es de 24.6572 dB. La potencia que entrega el SFP C+ de la OLT es de +3dBm, por lo tanto, con la ecuación (2) se determina la potencia teórica

$P_{Nap\ 4A} = +3dBm - 24.6572dB$

$$P_{Nap\ 4A} = -21.6572\ dBm$$

- **Caja NAP 5-A:** a continuación, se presentan las atenuaciones de los elementos que conforman la caja de distribución.

Tabla 21. Atenuación caja NAP 5 A valores teóricos.

NAP 5A		Atenuación dB
N° de fusiones	6	0,6
N° de acopladores	2	0,6
N° de conectores	2	0,6
N° de splitter 1x2	3	11,1
N° de splitter 1x8	1	10,5
N° de splitter 1x16	0	0
distancia tramos A y C (metros)	666	0,2664
Atenuación Total		**23,6664**

Fuente: propia

La atenuación máxima teórica que presentara la caja NAP 5-A, es de 23.666 dB. La potencia que entrega el SFP C+ de la OLT es de +3dBm, por lo tanto, con la ecuación (2) se determina la potencia teórica

$P_{Nap\ 5A} = +3dBm - 23.666dB$

$$P_{Nap\ 5A} = -20.666\ dBm$$

- **Caja NAP 6-A:** a continuación, se presentan las atenuaciones de los elementos que conforman la caja de distribución.

Tabla 22. Atenuación caja NAP 6 A valores teóricos.

NAP 6A		Atenuación dB
N° de fusiones	7	0,7
N° de acopladores	2	0,6
N° de conectores	2	0,6
N° de splitter 1x2	3	11,1
N° de splitter 1x8	1	10,5
N° de splitter 1x16	0	0
distancia tramos A, C y D (metros)	826	0,3304
Atenuación Total		**23,8304**

Fuente: propia

La atenuación máxima teórica que presentara la caja NAP 6-A es de 23.8304 dB. La potencia que entrega el SFP C+ de la OLT es de +3dBm, por lo tanto, con la ecuación (2) se determina la potencia teórica

$$P_{Nap\ 6A} = +3dBm - 23.8304dB$$

$$P_{Nap\ 6A} = -20.8304\ dBm$$

- **Caja NAP 7-A:** a continuación, se presentan las atenuaciones de los elementos que conforman la caja de distribución.

Tabla 23. Atenuación caja NAP 7 A valores teóricos.

NAP 7A		Atenuación dB
N° de fusiones	8	0,8
N° de acopladores	2	0,6
N° de conectores	2	0,6
N° de splitter 1x2	3	11,1
N° de splitter 1x8	1	10,5
N° de splitter 1x16	0	0
distancia tramos A, C y D (metros)	2171	0,8684
Atenuación Total		**24,4684**

Fuente: propia

La atenuación máxima teórica que presentara la caja NAP 7-A, es de 24.4684 dB. La potencia que entrega el SFP C+ de la OLT es de +3dBm, por lo tanto, con la ecuación (2) se determina la potencia teórica

$P_{Nap\ 7A} = +3dBm - 24.4684dB$

$$P_{Nap\ 7A} = -21.4684\ dBm$$

De las tablas 17 al 23 se observa que el valor máximo de atenuación de la red FTTH es 24.6572 dB en las longitudes de onda de 1310 nm y 1490 nm, este valor es menor comparado con la atenuación máxima del sistema obtenido de la tabla 15, el cual es 30 dB, lo que lleva a tener un margen de 5.3428 dB, esto es útil para cualquier evento de atenuación que se puede suscitar en el futuro como empalmes por fusión, conectorizaciones ópticas, empalmes mecánicos (estos se usaran en la caja Nap para instalar a los usuarios), etc.

Para este presupuesto óptico se tomó las pérdidas máximas de cada componente, y con estos datos se calcularon en el peor escenario de potencia para la red de FTTH.

COMO CONCLUSIÓN SE DA POR ACEPTADO EL PRESUPUESTO ÓPTICO DEL DISEÑO.

3.7 Implementación y funcionamiento del prototipo de red FTTH en laboratorio

Se instalarán los equipos y materiales principales en laboratorio para sus respectivas configuraciones OLT-ONT y además se realizarán los armados de las cajas NAP 1-A y NAP-5A como muestra de la prueba piloto.

3.7.1 Equipos para la Central de Acceso

En la siguiente figura se detallan las conexiones de los equipos para las pruebas respectivas.

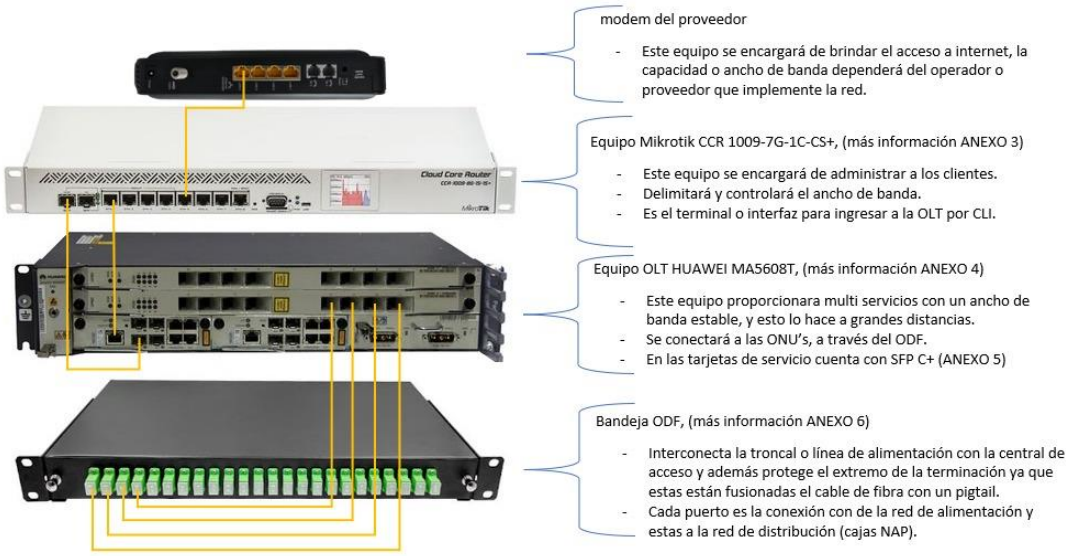


Figura 50. Interconexión de los equipos de la Oficina Central.

Fuente: Propia

A su vez se verifican de manera práctica las respectivas conexiones de los equipos:

Figura 51. Conexión de los equipos principales

Fuente: Propia

3.7.2 Configuraciones MIKROTIK-OLT

Para la respectiva alta y autenticación del PON equipo final ONU, se tienen que realizar configuraciones previas de los equipos OLT como MIKROTIK.

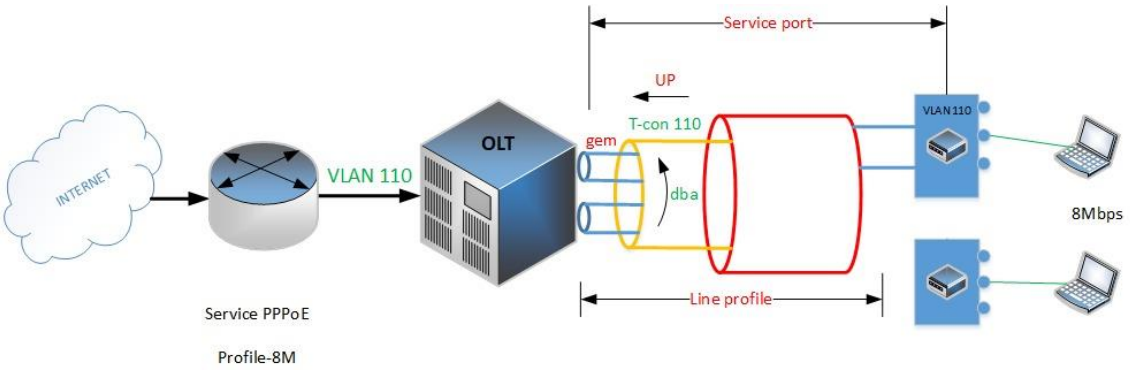


Figura 52. Mapeo de comandos principales

Fuente: Propia

3.7.2.1 Configuración de la OLT

En primer lugar, para la prueba piloto se selecciona una OLT de marca HUAWEI y versión MA5608T por las garantías que ofrece la marca, anclándose cómo una de las más confiables en el mercado, con recomendaciones hechas por quienes han trabajado con la misma tecnología.

Para poder obtener gestión de la OLT, es necesario acceder a través de distintas herramientas gratuitas como Putty (Consola), Winbox (conexión alámbrica del OLT al Mikrotik) estas son las más comunes; por normas del fabricante y/o estándar, el equipo viene con una IP por defecto la cual es la 10.11.104.2, luego de lograr acceder a la OLT, es necesario a través de comandos asignar parámetros correctos para lograr una gestión simple y eficaz, para ser más prácticos la IP por defecto del fabricante se mantendrán y será la 10.11.104.1 como puerta de enlace en el enrutador, se creó la VLAN 110 para el acceso a internet conectada en el puerto GE 0, para la configuración se utiliza el puerto de consola ethernet y se ubica en la tarjeta de administración la cual corresponde al slot 0, en esta referencia de OLTs las tarjetas receptoras de puertos PON corresponde al Slot 0 y 1, de este modo se obtendrá como resultado comunicación entre el Mikrotik y el OLT; después de lograr el cometido, es importante aclarar que todos los parámetros asignados en el OLT están parametrizados en el Mikrotik en este caso la VLAN 110, pues es a través de este dispositivo con el cual se realiza el aprovisionamiento general la cual enlazara a la ONT para que haga solicitud de autenticación y autorización para el servicio final.

Las configuraciones en la OLT se lo realizan en base a línea de comandos CLI (Command Line Interface). Ver Anexo (6)

```
/command Use command at the base level
[admin@ADMINISTRADOR] > system telnet 10.11.104.2    //ingresando desde el
Mikrotik
Connecting to 10.11.104.2
Connected to 10.11.104.2

>>User name:root
>>password:
MA5608T>enable
MA5608T#config
MA5608T(config)#
MA5608T(config)#display board 0  //verificando los slot de la tarjeta pon,
gestion y de poder
MA5608T(config)#display board 0/3  //verificando los slot de la tarjeta
gestion para el Uplink
MA5608T(config)#interface mcu 0/3 //envia informacion de la negociadcion de
las interfaces
MA5608T(config-if-mcu-0/3)#auto-neg 3 disable // deshabilitamos auto
negociacion
MA5608T(config-if-mcu-0/3)#spped 3 10000 // slot a 1G
MA5608T(config-if-mcu-0/3)#quit
MA5608T(config)#save  // guaradar
MA5608T(config)#board confirm 0
MA5608T(config)#board confirm 0/0 //confirmamos la tarejta del slot 0
MA5608T(config)#undo ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 //eliminamos las rutas
estaticas por defecto que puede existir
MA5608T(config)#ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 10.11.104.1  //adicionamos
ruta de salida
MA5608T(config)#display ip routing-table //vista de la tabla de
enrutamiento
 ****creando vlan 110****
MA5608T(config)#vlan 110 smart // creando vlan inteligente para comuniacion
MA5608T(config)#vlan desc 110 description "PROYECTO DE FTTH" //asignar
descripcion a un vlan
MA5608T(config)#port vlan 110 0/3 0-3  //asignamos una vlan a un puerto UP-
Link (frame 0/slot3/ puertos 0 al 3)
MA5608T(config)#dba-profile add profile-id 110 type4 max 1024000  //
creacion de dba profile, para la garantia o el tipo de ancho de banda a
entregar
MA5608T(config)#ont-lineprofile gpon profile-id 110 profile-name serv-
vlan110  //define la tecnologia GPON
MA5608T(config-gpon-lineprofile-110)#tcont 1 dba-profile-id 110  // se crea
el contenedor de transmicion para enlazar al dba, esta encapsula los datos
MA5608T(config-gpon-lineprofile-110)#gem add 1 eth tcont 1  //gem es el
protocolo TDMA que se aplica en la tecnologia gpon
{ <cr>|cascade<K>|downstream-priority-queue<K>|encrypt<K>|gem-
car<K>|priority-queue<K> }:

  Command:
          gem add 1 eth tcont 1 // agregado gem enlazado al tcont
  Command:
          gem mapping 1 1 vlan 110 //agregado gem enlazado al tcont1
```

```
MA5608T(config-gpon-lineprofile-110)#commit //grabar

MA5608T(config-gpon-lineprofile-110)#quit //salir

MA5608T(config)#display ont-lineprofile gpon all //mostramos las listas de
line-profile
  ---------------------------------------------------------------------------
  Profile-ID  Profile-name                                  Binding times
  ---------------------------------------------------------------------------
  0           line-profile_default_0                        0
  110         serv-vlan110                                  0
  ---------------------------------------------------------------------------
  Total: 2

MA5608T(config)#display ont-lineprofile gpon profile-id 110   //mostramos
el comando line-profile en detalle del id-110
MA5608T(config)#interface gpon 0/0   //ingresamos al interface gpon 0/0
(frame 0/ slot 0) para habilitar auto-find para busqueda automatica de la
ONT
MA5608T(config-if-gpon 0/0)#port 0 ont-auto-find enable //habilitamos el
puerto 0 para del slot 0 para buscar ont

 ****agregar una ONT****
MA5608T(config-if-gpon-0/0)#display ont autofind 0
   ---------------------------------------------------------------------------
   Number       : 1
   F/S/P        : 0/0/0
   Ont SN       : 48575443DC398B2E (HWTC-0C0E4A2F)//Nro de serie de la  ONT
   Password     : 0x00000000000000000000
   Loid         :
   Checkcode    :
   VendorID            : HWTC
   Ont Version         : AC7.A
   Ont SoftwareVersion : V3R017C10S115
   Ont EquipmentID     : 546M
   Ont autofind time   : 2022/08/17 14:17:06-04:00
   ---------------------------------------------------------------------------
******* Agregamos la ONT con su numero de serie, y sera descrita como el
ID-0 ****
MA5608T(config-if-gpon-0/0)#ont confirm 0 sn-auth 48575443DC398B2E omci
ont-lineprofile-id 110 ont-srvprofile-id 0 desc "ID-OA"
 comand:
   ont confirm 0 sn-auth 48575443DC398B2E omci ont-lineprofile-id 110 ont-
srvprofile-id 0 desc "ID-OA"
   Number of ONTs that can be added: 1, success: 1
   PortID :0, ONTID :0 // se confirma que se agrego con exito la ONT

MA5608T(config-if-gpon-0/0)#display ont info 0 all //informacion del PON 0
  ---------------------------------------------------------------------------
  F/S/P   ONT         SN         Control     Run      Config   Match
Protect
          ID                     flag        state    state    state
side
  ---------------------------------------------------------------------------
  0/ 0/0    0  485754430C0E4A2F  active      online   normal    match
no
  ---------------------------------------------------------------------------
```

```
  F/S/P   ONT-ID   Description
  ---------------------------------------------------------------------------
  0/ 0/0      0      ID-0A
  ---------------------------------------------------------------------------
  In port 0/ 0/0 , the total of ONTs are: 1, online: 1
MA5608T(config-if-gpon-0/0)#quit //salimos de la interfas
MA5608T(config)#service-port vlan 110 gpon 0/0/0 ont 0 gemport 110 multi-
service user-vlan 110  //con esto enlasamos desde la OLT hasta la ONT
MA5608T(config)#save //guardar las configuraciones
```

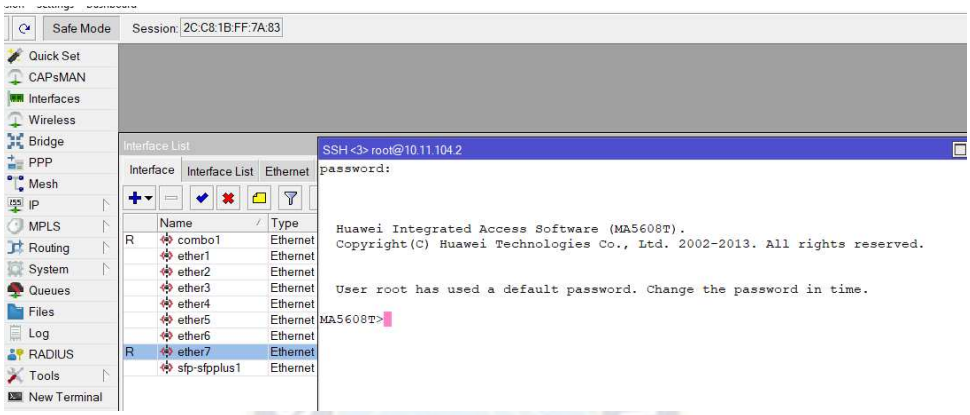


Figura 53. Configuracion inicial de la OLT

Fuente: Propia

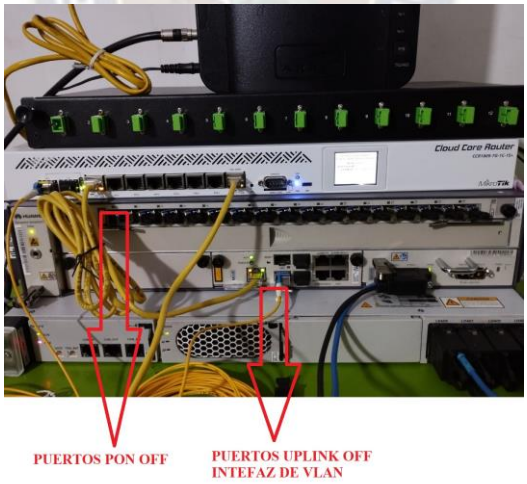
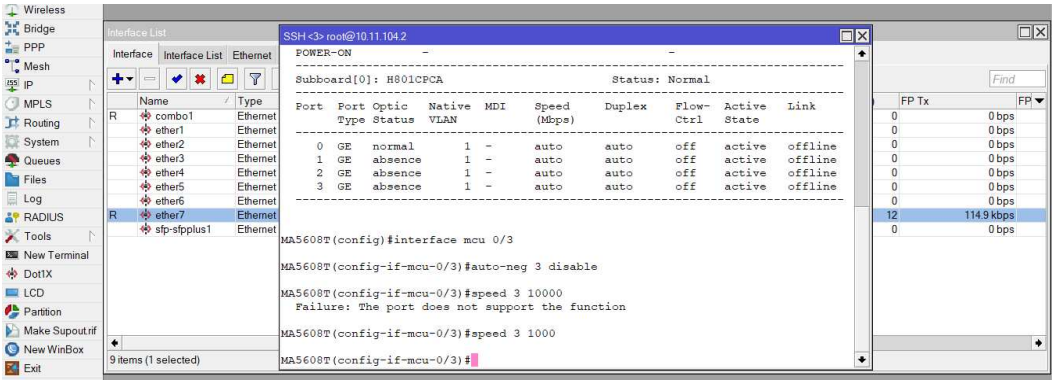


Figura 54. Previo a la configuracion estado inicial de la OLT

Fuente: Propia



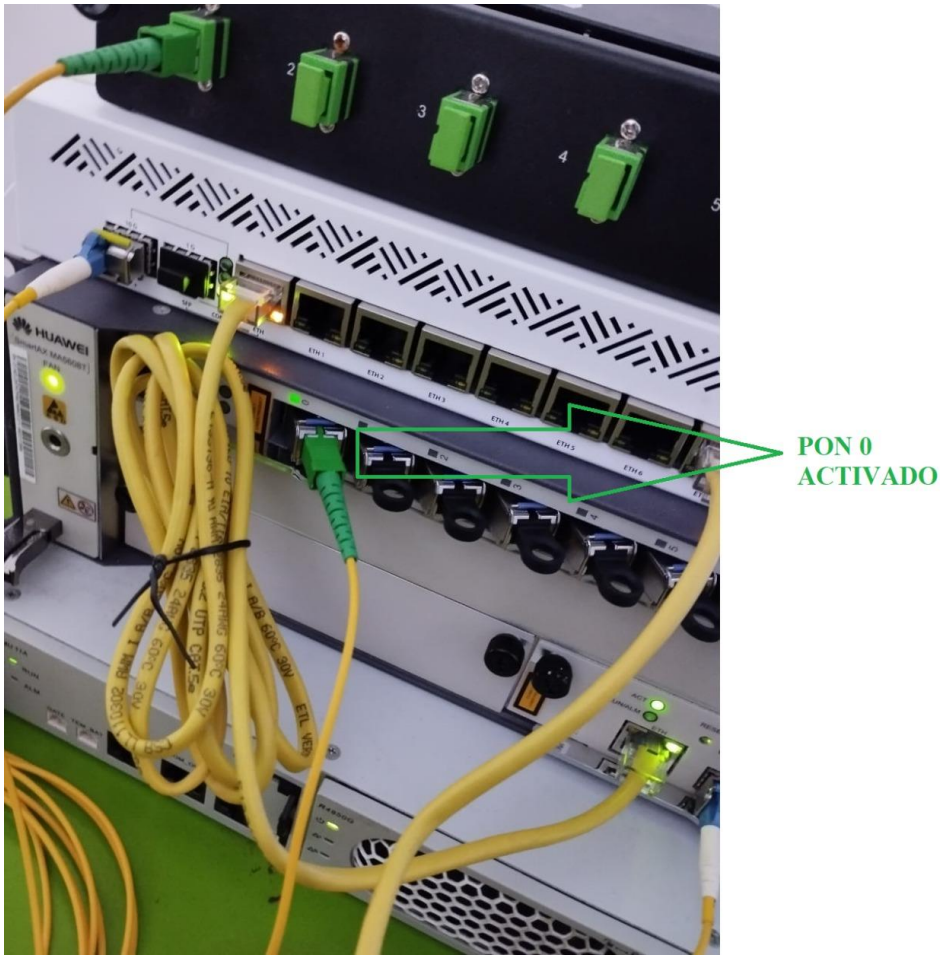
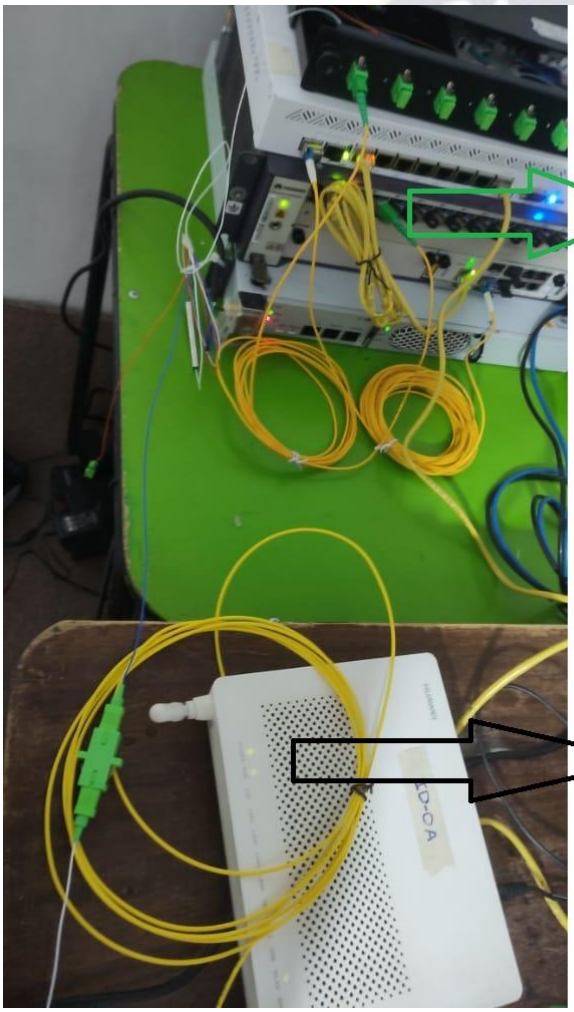


Figura 55. Configuracion de los puertos UP-link de la OLT

Fuente: Propia

```
CAPsMAN
Interfaces
Wireless
Bridge
PPP
Mesh
IP
MPLS
Routing
System
Queues
Files
Log
RADIUS
Tools
New Terminal
Dot1X
LCD
Partition
Make Supout.rif
New WinBox
Exit
Windows

  Number              : 1
  F/S/P               : 0/0/0
  Ont SN              : 48575443DC398B2E (HWTC-DC398B2E)
  Password            : 0x30303031303339300000(00010390)
  Loid                : 00010390
  Checkcode           :
  VendorID            : HWTC
  Ont Version         : 494.B
  Ont SoftwareVersion : V3R016C10S138
  Ont EquipmentID     : 245H
  Ont autofind time   : 2022-08-18 00:15:59+08:00
  ----------------------------------------------------------------------------

MA5608T(config-if-gpon-0/0)#ont confirm 0 sn-auth 48575443DC398B2E omci ont-lineprofile-id 110 ont-srvprofile-id 0 desc "ont0A"
  Number of ONTs that can be added: 1, success: 1
  PortID :0, ONTID :0

MA5608T(config-if-gpon-0/0)#quit

MA5608T(config)#

MA5608T(config)#

MA5608T(config)#

MA5608T(config)#

MA5608T(config)#service-port vlan 110 gpon 0/0/0 ont 5 gemport 110 multi-service user-vlan 110
{ <cr>|bundle<K>|inbound<K>|rx-cttr<K>|tag-transform<K>|user-encap<K> }:

  Command:
          service-port vlan 110 gpon 0/0/0 ont 5 gemport 110 multi-service user-vlan 110
  Failure: The ONT does not exist

MA5608T(config)#service-port vlan 110 gpon 0/0/0 ont 0 gemport 110 multi-service user-vlan 110
```



PUERTO PON 0 ACTIVO, ENVIA INFORMACION A LAS ONTs

PON ACTIVO

Figura 56. Configuracion para el registro de la ONU

Fuente: Propia

3.7.2.2 Configuraciones del MICROTIK.

Para el equipo de administración se elige el modelo de CCR1009-7G-1C-1S+ por prestaciones que ofrece tanto en precio como en configuraciones, la interfaz que presenta es gráfica; esta se puede acceder de manera remota o red local, tanto en PC ya sea por página WEB o Winbox y también en teléfonos con sistema operativo Android o iOS.

La IP por defecto del equipo es 192.168.88.1 como puerta de enlace, y esta se mantendrá, la IP 192.168.88.2 será con la que podamos ingresar al Mikrotik para realizar las configuraciones.

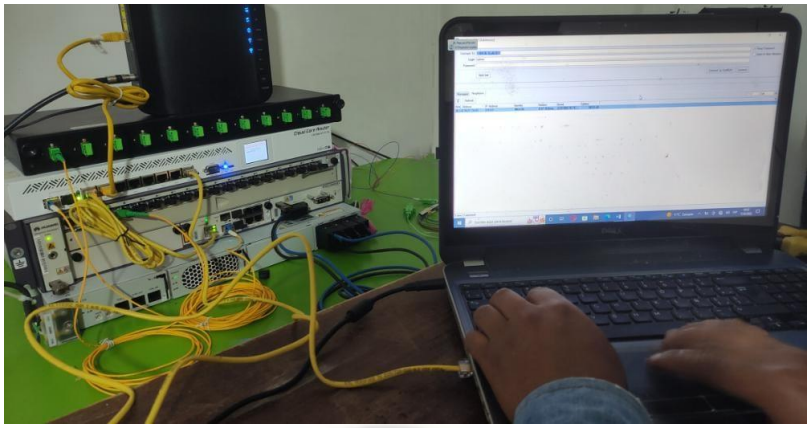
Para la gestión con la OLT, se estableció al ethernet 0 (combo1) con la IP 10.11.104.1/24, además se crea una VLAN 110 para la comunicación con las ONTs y la OLT, en la configuración para acceso a internet a los usuarios finales se utiliza la conexión de tipo PPPoE (protocolo punto a punto sobre ethernet), donde se autentican las ONTs con un usuario y contraseña.

Para el equipo de administración se optó por elegir el modelo de CCR1009-7G-1C-1S+ por prestaciones que ofrece tanto en precio como en configuraciones, la interfaz que presenta es gráfica; esta se puede acceder de manera remota o red local, tanto en PC ya sea por página WEB o Winbox y también en teléfonos con sistema operativo Android o iOS.

La IP por defecto del equipo es 192.168.88.1 como puerta de enlace, y esta se mantendrá, la IP 192.168.88.2 será con la que podamos ingresar al Mikrotik para realizar las configuraciones.

Para la gestión con la OLT, se estableció al ethernet 0 (combo1) con la IP 10.11.104.1/24, además se crea una VLAN 110 para la comunicación con las ONTs y la OLT, en la configuración para acceso a internet a los usuarios finales se utiliza la conexión de tipo PPPoE (protocolo punto a punto sobre ethernet), donde se autentican las ONTs con un usuario y contraseña.

Se realizará configuraciones a través de la interfaz WinBox el cual se detalla los pasos realizados en el Anexo (2).



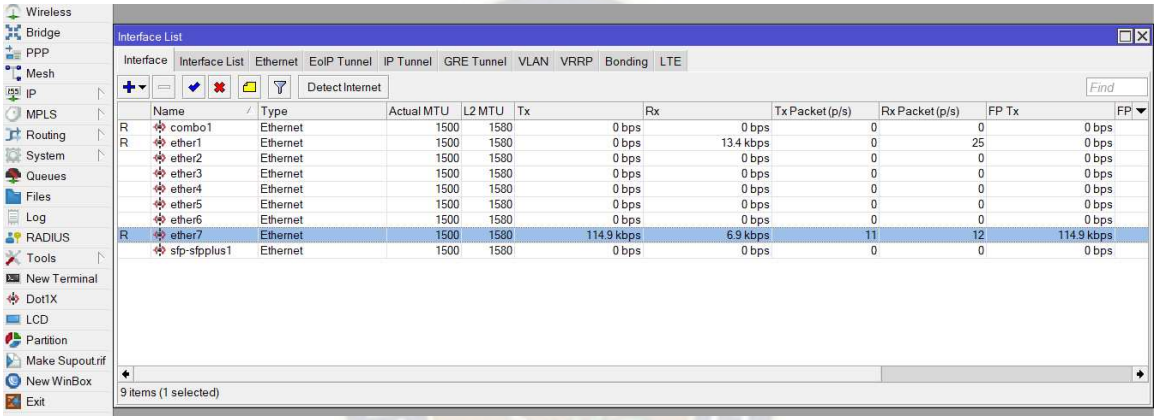


Figura 57. Interfas WinBox

Fuente: Propia

Se crea la VLAN 110 en el puerto SFP para poder llevar datos al puerto Up-link de la OLT.

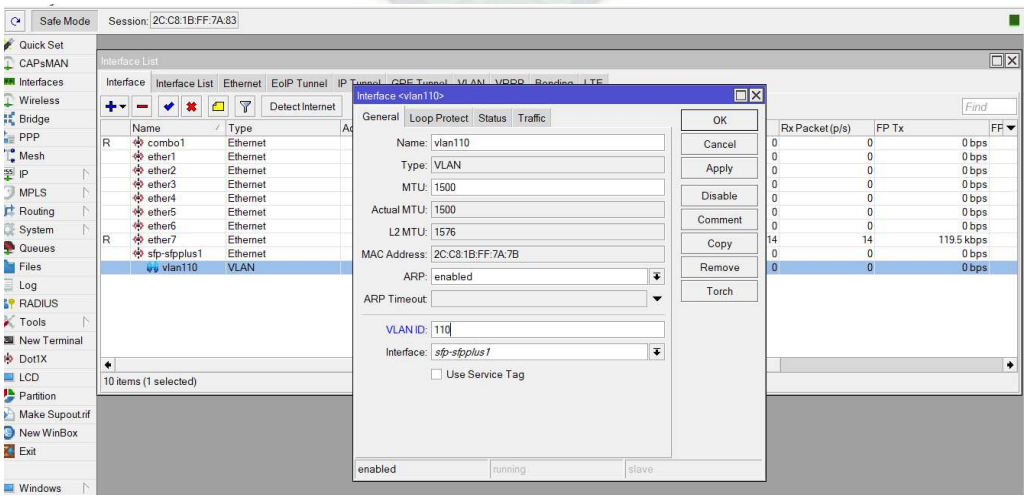


Figura 58. Configuraciones de la VLAN

Fuente: Propia

Se crea el protocolo PPPoE server, para la authenticacion y cifrado del abonado final:

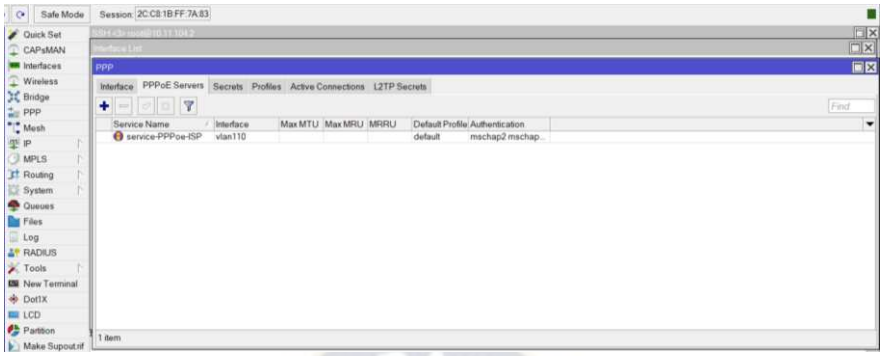


Figura 59. Configuración protocolo PPPoE

Fuente: Propia

3.7.3 Materiales para la red de distribución

Los materiales que conformaran la red de distribución son las cajas NAP, cable de fibra óptica y los splitters 1x2 Anexo (9), 1x8 y 1x16. Ver anexo (10)

A continuación, se muestra parte de la red de FTTH, armada en laboratorio:

- **ARMADO DE LA CAJA NAP 1-A**

  Esta caja tendrá un splitter de 1x16, para 16 abonados según el diseño en el diagrama unifilar.

Figura 60. Armado caja NAP 1A

Fuente: propia

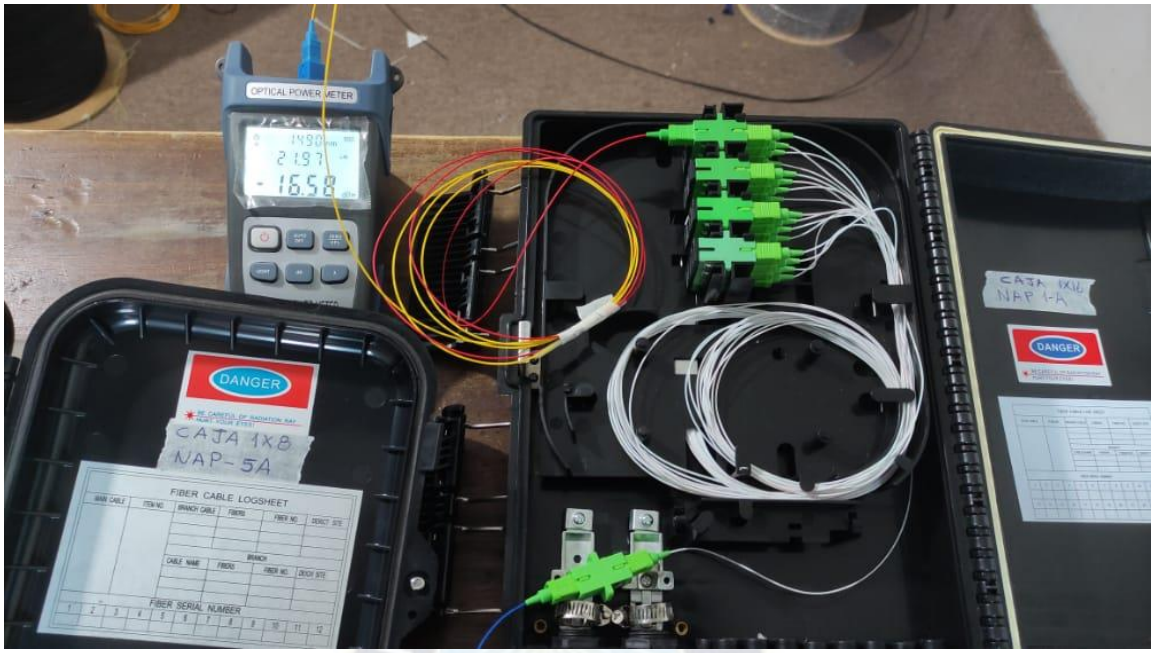


Figura 61. Medición de potencia de la caja NAP 1A

Fuente: propia

- **ARMADO DE LA CAJA NAP 5A**

Esta caja tendrá un splitter de 1x8, para 8 abonados según el diseño en el diagrama unifilar.

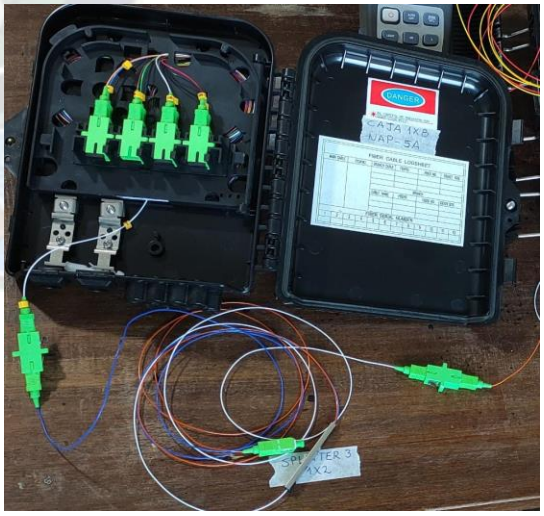


Figura 62. Armado de la caja NAP 6

Fuente: Propia

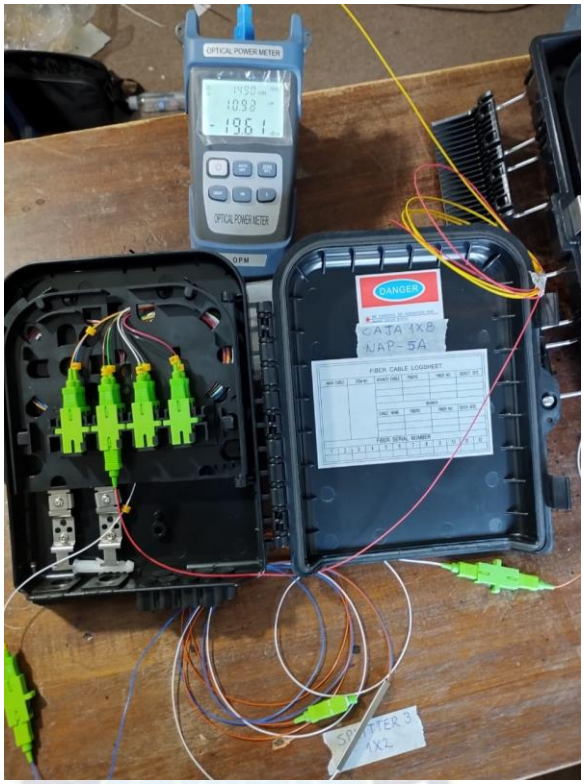


Figura 63. Medición de potencia Caja NAP 5-A

Fuente: propia

- Armado final de las cajas NAP y Splitters a través de acopladores mecánicos.

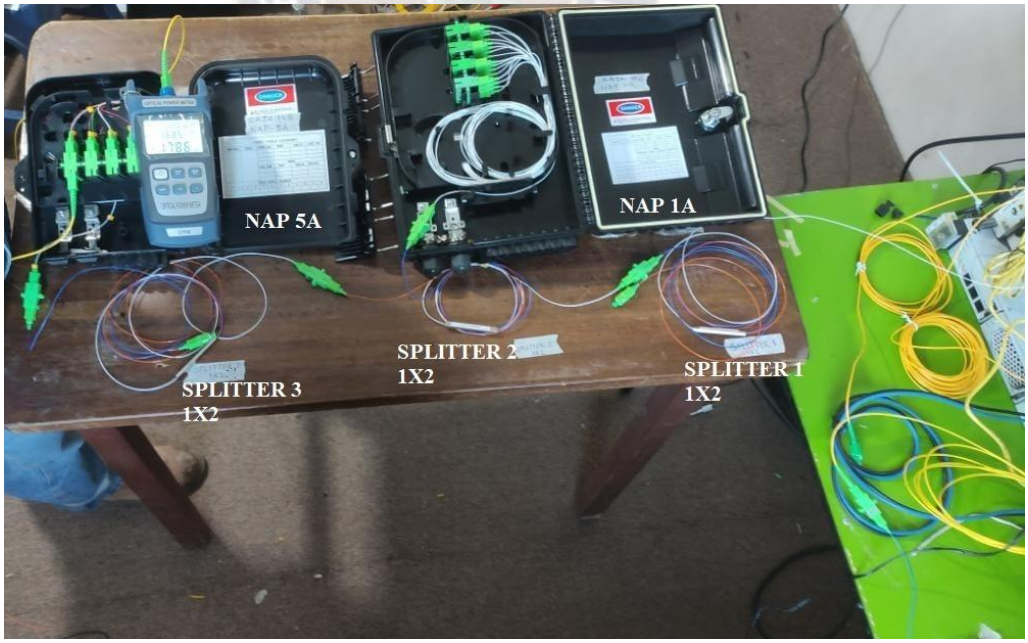


Figura 64. Armado de cajas NAP 1-A y NAP 5-A con Splitters

Fuente: Propia

3.7.4 Equipos y materiales hacia el abonado final

A la salida de la caja de distribución se instala cable drop de 1H hacia el abonado final, estas pruebas también se realizan en laboratorio.

Figura 65.Última Milla

Fuente: Propia

3.7.4.1 Configuración de la ONT

Las ONTs por defecto tienen definido la IP 192.168.100.1 como puerta de enlace, y se accede por medio de la WEB.

La configuración solo se hace en la WAN del equipo, definiendo la VLAN 110 y usando el protocolo PPPoE para el acceso a internet.

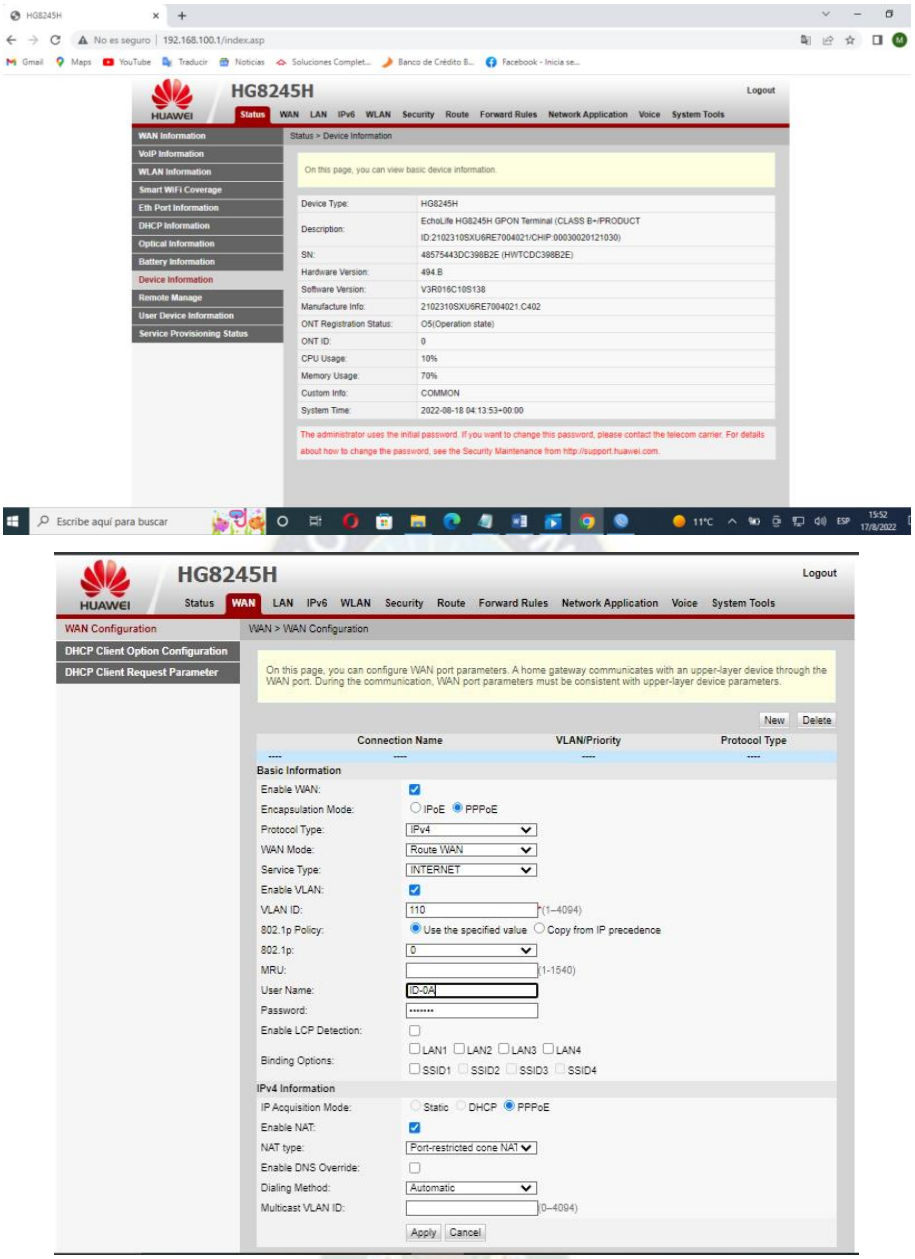


Figura 66. Configuraciones en el MODEM

Fuente: Propia

3.8 Funcionamiento de la red

Para el correcto funcionamiento de la red se debe conocer las potencias de cada caja NAP, y para esto ya se hizo un presupuesto óptico teórico los cuales son potencias máximas permitidas, por lo cual las cajas NAP deberán tener una potencia real o experimental menor que el teórico.

3.8.1 Potencias de cajas NAP en pruebas de laboratorio

En las siguientes tablas se detallan las potencias realizadas en la ventana de 1490 nm, esto se las mide en cada puerto de las cajas NAP o red de distribución, y el equipo para realizar las medidas de potencias es el power meter (ANEXO 18).

Tabla 24. Potencias de las cajas NAP 1 y 5.

NAP 1A PRACTICO			NAP 5A PRACTICO	
N° de puerto	potencia dBm		N° de puerto	potencia dBm
1	-17.05		1	-19.22
2	-16.92		2	-19.53
3	-17.18		3	-19.07
4	-17.42		4	-19.61
5	-17,79		5	-19.45
6	-17,44		6	-19.07
7	-17,51		7	-19.28
8	-17,09		8	-19.32
9	-17,61		9	-
10	-17,14		10	-
11	-17,35		11	-
12	-18.07		12	-
13	-17.52		13	-
14	-17,14		14	-
15	-17,11		15	-
16	-17,02		16	-

Fuente: Propia

Figura 67. Medición de potencia en la caja NAP 1-A puerto 9

Fuente: Propia

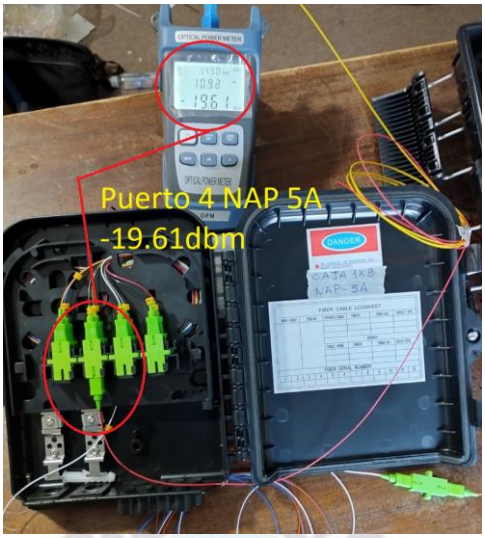


Figura 68. Medición de potencia en la caja NAP 5-A puerto 4

Fuente: Propia

Con las potencias presentadas en referencia a la TABLA 24 verificamos que las cajas NAP 1A y caja NAP 5A, están dentro del rango de potencias teórico-prácticos, por lo que concluimos que el prototipo implementado en laboratorio de red FTTH-GPON, cumplen con las expectativas del diseño y las potencias están bajo la norma ITU-T G.984.X, en cuanto a pérdidas y ganancias de cada componente y/o equipo (Véase Tabla 3).

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 Costo inicial prototipo

Para la implementación del prototipo genérico de red FTTH-GPON en laboratorio se realizó los siguientes gastos en material necesario.

Tabla 25. Costos en planta interna (laboratorio).

LISTADO DE MATERIALES PLANTA INTERNA					
Ítem	**Descripción de Materiales**	**Unidad**	**P. unitario**	**Cantidad**	**Total**
1	OLT MA5608T	Pza.	20880,00	1,00	20880
2	Mikrotik CCR1009	Pza.	5310,00	1,00	5310
3	ODF	Pza.	240,00	1,00	240
4	Patch cord duplex SC-LC	Pza.	43,00	1,00	43
5	CABLE ETHERNET	Pza.	20,00	1,00	20
		TOTAL, COSTO			26493

Fuente: Propia

Tabla 26. Costos materiales red de distribución (laboratorio).

LISTADO DE MATERIALES PLANTA EXTERNA					
Ítem	**Descripción de Materiales**	**Unidad**	**P. unitario (Bs)**	**Cantidad**	**Total (Bs)**
1	SPLITTER OPTICO 1X2	Pz.	35,00	3,00	105,00
2	CAJA DE DISTRIBUCION NAP 8FO CONECTORIZADA	Pz.	125,00	1,00	125,00
3	CAJA DE DISTRIBUCION NAP 16FO CONECTORIZADA	Pz.	397,00	1,00	397,00
4	ACOPLADOR SCA simplex	Pz.	2,00	4,00	8,00
5	CBLE DROP FO 1H 1Km	Km	620,00	1,00	620,00
		TOTAL, COSTO PLANTA EXTERNA			1255,00

Fuente: Propia

Tabla 27. Costos abonado final (laboratorio).

LISTADO DE MATERIALES ULTIMA MILLA					
Codigo	**Descripcion de Materiales**	**Unidad**	**P. unitario**	**Cantidad**	**Total**
1	PATCH CORD SC-UPC 3MTS	Pz.	8,99	1,00	8,99
2	PATCH CORD SC-APC	Pz.	15,00	2,00	30,00
3	CONECTORES para la caja de distribucion	Pz.	3,50	2,00	7,00
4	ONUS HUAWEI	Pz.	270,00	1,00	270,00
5	KIT FTTH	Pz.	500,00	1,00	500,00
		TOTAL COSTO ULTIMA MILLA			815,99

Fuente: Propia

PROYECTO:	**PROTOTIPO RED FTTH GPON**		
(Expresado en bolivianos)			
PRESUPUESTO:			
	MATERIALES:	Bs	28.563,99
	TOTAL, PRESUPUESTO:	Bs	28.563,99
	TOTAL, EN DOLARES:	$	4.104,02

4.2 Costo estimado inicial del diseño de la red

Una vez concluido el diseño e implementado a través de un prototipo, se detallarán los gatos por los materiales tentativos para el montaje o la instalación de planta externa como también de los equipos y materiales a usar para la red de FTTH según nuestra experiencia.

Tabla 28. Costo estimado de inversión

Descripción	Cantidad	Precio Unitario/BS	precio total (Bs)
OLT HUAWEI MA5608T	1	20880	20880
ONT HUAWEI	64	270	17280
mikrotik	1	5310	5310
fusionadora	1	9900	9900
kit de ultima milla	1	500	500
rosetas	64	11	704
conectores mecanicos	64	8	512
nap de 8 con splitter	6	140	840
nap de 16 con splitter	1	397	397
patchcord sc/apc	64	15	960
splitter 1:2	6	35	210
splitter 1:16	1	140	140
drop 1Km (4 hilos)	1	864	864
drop 1Km (1 hilos)	3	620	1860
tensores	300	1,15	345
bandeja odf	1	240	240
patchcords duplex SC/LC	2	43	86
escalera	1	1450	1450
porta bobina	1	150	150
cinta T	1	89	89
hebilla para cinta T	100	0,79	79
sunchadura	1	320	320
cinturon de seguridad	1	150	150

total	63266

Fuente: Propia

PROYECTO:	**PROYECTO RED FTTH GPON**		
FECHA:			
(Expresado en bolivianos)			
PRESUPUESTO:			
	MATERIALES:	Bs	63.266,00
	TOTAL, PRESUPUESTO:	Bs	63.266,00
	TOTAL, EN DOLARES:	$	9.089,94

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1 Se diseñó e implemento a través de un prototipo genérico una red FTTH-GPON, para el sector de lagunas, simulando la conexión de dos cajas NAP hacia la central de acceso, realizando las configuraciones previas en los equipos principales como la OLT y MIKROTIK en laboratorio para dar de alta el servicio de acceso a internet.

2 Se realizó el trabajo de relevamiento para los sectores alejados, en los cuales se observó la necesidad del servicio de acceso a internet, puesto que las grandes empresas de telecomunicaciones ENTEL.S. A, AXS y Tigo no tiene cobertura.

3 Se desarrolló el diagrama unifilar que fue diseñado para cubrir los sectores de los manzanos alejados y esto se describe en las tablas 6, 7 y 8. Según diseño se deberá usar elementos pasivos, splitter 1:2 para la red de alimentación y para la red distribución cajas Nap de 8 y 16 puertos.

4 Técnicamente el diseño de la red FTTH, es viable debido a un análisis de presupuesto óptico realizado, dando como resultado una atenuación de 24.6572 dB cuyo valor es menor a los 30db. Además, se realizó la medición

de potencia con la OLT conectada al prototipo en laboratorio de las CAJA 1A y 5A, dando como resultado que en la caja NAP 5A se tiene la mayor potencia de -19.61 dBm y este valor es menor al umbral de recepción de la ONT.

5 Se realizaron las configuraciones necesarias en los equipos instalados en laboratorio.

6 Económicamente se realizó una lista de accesorios para el funcionamiento e implementación del prototipo genérico de red FTTH en laboratorio.

7. Se mejorará la calidad de vida en cuanto a acceso a internet, según diseño de la red FTTH ya que cubre los lugares mencionados para objeto de estudio.

5.2 Recomendaciones

1 La ubicación de la OLT debe estar lo más cercano posible al área de despliegue de la red FTTH.

2 Según experiencia en los trabajos de fusión o empalmes, se debe tener en cuenta el correcto manejo de la maquina fusionadora y el hilo de fibra óptica, esto para optimizar y/o reducir las pérdidas en fusión y antes de realizar cualquier conectorización óptica tanto en la planta externa o interna, se debe realizar una inspección y limpieza al conector óptico, esto se debe a que hoy en día los conectores ópticos contaminados son la principal causa de fallas en la red.

3 Por el estándar de la ITU G.984.4 (interoperabilidad de proveedores de OLT y ONU), se recomienda usar equipo módems de diferentes marcas ya que están son más accesibles económicamente que el equipo OLT.

4 Se recomienda tener datos iniciales de demanda para realizar cálculos respectivos para diseño.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

(s.f.). Obtenido de comunitel@comunitelsa.com.ar

(s.f.). Obtenido de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/FTTX.svg

Andreson Anibal Vasquez Magallanes, J. Q. (2021). *Diseño de red de Transporte con tecnologia GPON.* Lima - Peru.

blissful. (7 de MAyo de 2014). Obtenido de https://apaolabecerrilhernandez1114.wordpress.com/2014/05/07/caracteristicas-de-la-fibra-optica

Bustillos, I. J. (s.f.). *Tecnologias de telecomunicaciones, principios de comuinicaiones por fibra optica.* La Paz - Bolivia.

Cano, R. M.-L. (1997). *Fundamentos de la fibra optica.* Medellin - Colombia: EEPP de Medellin.

fibermall.com. (2019-2021). Obtenido de https://www.fibermall.com/es/blog/opticaltransceivers.htm

Flores, A. K. (2016). *Diseño de una red de planta externa FTTH con tecnologia GPON para la poblacion de Barreiro Nuevo de la ciudad Babahoyo, Provincia de los rios.* QUITO.

Galeano, J. (2009). *Diseño e instalacion de una red FTTH.*

Gaseni, E. C. (2010). FTTH transformacion de la red de acceso. *tecnica*.

Ing. Miguel Lattanzi, L. A. (s.f.). *Redes FTTX, conceptos y aplicaciones .* Argentina.

Juan, D. (13 de Noviembre de 2018). Obtenido de https://xxxamin1314.medium.com/una-visi%C3%B3n-general-de-la-red-de-acceso-ftth-con-gpon-104bc8973d65

Luque, I. F. (2012). *Lineas de transmicion.* La Paz - Bolivia.

Parejo, J. (s.f.). *Tecnología Informática Made.* Obtenido de https://www.tecnologia-informatica.es/fibra-optica/

Perrones, S. R. (2021). Diseño de una red FTTH aplicado al estandar GPON en el distrito de Santiago de Surco. Lima, Peru.

Promax. (26 de Septiembre de 2019). Obtenido de https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-

sencilla/#:~:text=Qu%C3%A9%20significa%20LC%3A%20Son%20las,vio%20la%20luz%20en%201997

propia, e. (s.f.).

(2011). *Prototipo para la implementacion de servicios television.* Cuenca - Ecuador.

Quisnancela, E., & Nikolai, E. (2016). *Certificacion de redes GPON, normativa ITU G.984.x.* Ecuador.

Suxo, R. C. (2011). *Diseño de red FTTH (Fiber to the home) para la zona San Miguel desde la central de COTEL (Calacoto)".* La Paz - Bolivia.

Tabares, J. D. (2021). *Prototipo para la implementacion de servicio de television e internet.*

7 ANEXOS

ANEXO 1. Cobertura diseñada de la red FTTH-GPON

ANEXO 2. Mikrotik ccr 1009

CCR1009-7G-1C-1S+

The new updated revision of CCR1009 is here. We attempted to combine all the customer feedback and best practice in CCR device manufacturing that we learned over the last three years, since the first CCR1009 devices were launched.

Important changes

No switch-chip - the device now features only fully independent Ethernet ports each with a direct connection to the CPU, allowing to overcome previous shared 1Gbit limitation from switch-chip ports and utilize full potential of CPU processing power on those ports.

Combo-port - a single 1Gbit software interface that has two hardware interfaces - a SFP cage and a Gigabit Ethernet port, allowing you to use any type of connection available to you. Port also allows to switch from one to another interface from software, or in event of disconnect, providing new, unique hardware fail-over feature.

100Mbps SFP support - this is our first device that supports 100BASE-LX/100BASE-SX/100BASE-BX fiber modules, as well as standard 1.25G SFP modules.

More throughput - due to how ports are connected to CPU, new CCR1009 models can achieve higher theoretical throughput.

CCR1009-8G-1S-1S+	10 Gbps	→	CCR1009-7G-1C-1S+	18 Gbps

The unit is equipped with dual power supplies built in for redundancy (if one power line fails, the other one will take over automatically).

Unit comes with the 1U rackmount case and supports a Smart card, to store your private key for use in all features that support Certificate based authentication. It also includes LCD touchscreen, microSD and a SFP+ port for 10G connections.

Specifications

Product code	CCR1009-7G-1C-1S+
CPU nominal frequency	TILE-Gx9, 9 cores, 1.2 GHz
Size of RAM	2 GB
Storage type	NAND
Storage size	128 MB
10/100/1000 Ethernet ports	7
Number of USB ports	1
Power jack	2
PoE in	Yes
Supported input voltage	15 V - 57 V
Voltage monitor	Yes
PCB temperature monitor	Yes
CPU temperature monitor	Yes
LCD	Yes
Dimensions	443 x 175 x 44 mm
Operating system	RouterOS, level 6 license
Max Power consumption	34W
Ethernet/SFP combo port	1
SFP+ ports	1
USB slot type	microUSB type AB
Smart card	Yes
Storage expansion	microSD
Serial port	RS232
Suggested price	$495

Included

USB cable

Rack ears

2x IEC cord

Screw set

MikroTik
CLOUD CORE
Cloud Core Router
CCR1009-7G-1C-1S+
MikroTik

Cloud Core Router
CCR1009-7G-1C-1S+
MikroTik

ANEXO 3. OLT

MA5608T Datasheet

Get a Quote

Overview

The MA5608T is the Huawei SmartAX MA5600T model, providing 5 slots. Huawei SmartAX MA5600T is the global first OLT which integrates the functionality of aggregation switch and edge router. It can provide high-density GPON, 10GPON and Ethernet P2P optical access, triple play service, TDM/ATM/Ethernet leased line services for business customers and high precision clock, and high-density GE/10GE interfaces for cascading remote access equipments. MA5600T helps to simplify network architecture, to improve network reliability and lower TCO essentially.

Quick Spec

Table 1 shows the quick spec.

Model	MA5608T
(W/D/H) mm	442×233.5×88
Cabinet	Indoor: N63E-22 Outdoor: F01S200
Configuration	control board: 2 Service board: 2 Power interface board: 1
MTBF	≈45 years
Switching Capacity of the Backplane Bus	720Gbit/s
Switching Capacity of the Control Board	N/A
Access Capacity	• 8*10G GPON • 32*GPON • 96*GE
Maximum uplink port (GIU)	-

Product Details

The Huawei SmartAX 5600T provide these features:

• Convergence and access integration

• Provides super large convergence switching capacity. Specifically, an MA5600T series device supports 3.2 Tbit/s backplane capacity, 1,920 Gbit/s switching capacity, and 512,000 MAC addresses.

• Provides super high-density cascading capability. Specifcally, an MA5600T series device supports a maximum of 46 x 10GE or 768 GE services, with no additional convergence switches.

• High reliability

• Provides highly reliable networking capabilities and ensures dual-OLT hot backup, remote disaster tolerance, and service upgrades without interruption.

• Provides comprehensive Quality of Service (QoS) functions and supports traffic classification management, priority control, and bandwidth control. The Hierarchical-Quality of Service (H-QoS) function meets various Service Level Agreement (SLA) requirements of commercial customers.

• Provides an End-to-End (E2E) highly reliable design, enabling Bidirectional Forwarding Detection (BFD), Smart Link, Link Aggregation Control Protocol (LACP) redundancy protection and GPON type B/type C line protection in the upstream direction.

• Multi-scenario access

• Supports access of multiple E1 private line services, and Native Time-Division Multiplexing (TDM) or Circuit Emulation Services over Packet (CESoP)/ Structure-Agnostic TDM over Packet (SAToP) function.

• Supports the Emulated Local Area Network (ELAN) function and Virtual Local Area Network (VLAN)-based internal traffic exchange, satisfying enterprise and community network application requirements.

• Supports non-convergence access of Internet Protocol television (IPTV) users. One subrack supports 8,000 multicast users and 4,000 multicast channels.

- Smooth evolution
- Supports GPON, 10G Passive Optical Network (PON), and 40G PON on a platform, enabling smooth evolution and achieving ultra-bandwidth access.
- Supports IPv4/IPv6 dual stacks and IPv6 multicast, enabling smooth evolution from IPv4 to IPv6.
- Energy saving
- Uses special chips for conserving power. Specifically, 16 ports on a GPON board consume less than 73 W of power.
- Supports idle board automatic power-off and intelligent fan speed adjustment, effectively lowering idle board power consumption.

Supported Boards

Table 2 shows the recommended boards of this model.

Category	Model	Description
Control Boards	H801SCUH	Huawei SmartAX MA5600 Super Control Unit Board
	H801SCUV	Huawei SmartAX MA5600 Super Control Unit Board
	H801SCUN	Huawei SmartAX MA5600 Super Control Unit Board
	H801MCUD	Huawei SmartAX MA5600 Control Unit Board (GE Uplink)
	H801MCUD1	Huawei SmartAX MA5600 Control Unit Board (GE/10GE Uplink)
	H801SCUK	Huawei SmartAX MA5600 Super Control Unit Board
Services Boards	H806GPBH	Huawei SmartAX MA5600 8-port Advanced GPON OLT Interface Board
	H807GPBH	Huawei SmartAX MA5600 8-port Advanced GPON OLT Interface Board
	H801GPMD	Huawei SmartAX MA5600 8-port Advanced GPON OLT Interface Board
	H805GPFD	Huawei SmartAX MA5600 16-port GPON OLT Interface board
	H801XGBD	Huawei SmartAX MA5600 8-port XG-PON OLT Interface board
	H802XGBC	Huawei SmartAX MA5600 4-port XG-PON OLT Interface Board
	H801GPUF	Huawei SmartAX MA5600 Multifunctional Service Process Board
	H801ETHB	Huawei SmartAX MA5600 Ethernet Service Access Board
Power Boards	H801PRTA	Huawei SmartAX MA5600 Power Transfer Board
	H801PRTE	Huawei SmartAX MA5600 Power Transfer Board
	H801PRTG	Huawei SmartAX MA5600 Power Transfer Board
Fan Boards	H831FCBB0	Huawei SmartAX MA5600 MA5608T fan tray

Compare to Similar Items

Table 3 shows the comparison.

Model	MA5600T-ETSI	MA5600T-IEC	MA5603T	MA5608T
Configuration	control board: 2 Service board: 16 Universal interface board: 1 Upstream interface board: 2 Power interface board: 2	control board: 2 Service board: 14 Universal interface board: 1 Upstream interface board: 2 Power interface board: 2	control board: 2 Service board: 6 Universal interface board: 1 Upstream interface board: 2 Power interface board: 2	control board: 2 Service board: 2 Power interface board: 1
Switching Capacity of the Backplane Bus	3.2Tbit/s	-	1.5Tbit/s (H801MABO) 2Tbit/s (H802MABO)	720Gbit/s
Access Capacity	• 128*10G GPON • 256*GPON • 768*GE/FE	• 112*10G GPON • 224*GPON • 672*GE/FE	• 48*10G GPON • 96*GPON • 288*GE	• 8*10G GPON • 32*GPON • 96*GE

Maximum uplink port (GIU)	• 4*GE • 4*10GE	• 4*GE • 4*10GE	• 4*GE • 4*10GE	-

Get More Information

Do you have any question about the MA5608T?

Contact us now via **Live Chat** or **sales@router-switch.com**.

Specification

MA5608T Specification	
(W/D/H) mm	442×233.5×88
Operating Environment	Temperature: -40°C to +65°C RH: 5% to 95%
Power Parameter	Supports DC and AC power supply modes, and dual-power supply protection. Provides battery for power backup when AC power is used.
Cabinet	Indoor: N63E-22 Outdoor: F01S200
Configuration	control board: 2 Service board: 2 Power interface board: 1
MTBF	>45 years
Switching Capacity of the Backplane Bus	720Gbit/s
Switching Capacity of the Control Board	N/A
Access Capacity	• 8*10G GPON • 32*GPON • 96*GE
Maximum uplink port (GIU)	-

Want to Buy

Order Now Get a Quote

Why Router-switch.com

As a leading network hardware supplier, Router-switch.com focuses on original new ICT equipment of Cisco, Huawei, HPE, Dell, Hikvision, Juniper, Fortinet, etc.

ANEXO 4. Modulo SFP C+

anvimur
telecomunicaciones

Módulo Óptico GPON Huawei

Un Módulo Óptico GPON es conectado a una fibra óptica SC para proveer un servicio de acceso a GPON.

Tipos	Un módulo Clase B+ de una fibra óptica bidireccional.	Un módulo Clase C+ de una fibra óptica bidireccional.	Un módulo Clase C++ de una fibra óptica bidireccional.
No.	1	2	3
Longitudes de Onda Operativas	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm
Tipos de Encapsulación	SFP	SFP	SFP
Velocidad de puerto	Tx: 2.488 Gbit/s Rx: 1.244 Gbit/s	Tx: 2.488 Gbit/s Rx: 1.244 Gbit/s	Tx: 2.488 Gbit/s Rx: 1.244 Gbit/s
Potencia de salida óptica mínima	1.5 dBm	3 dBm	6 dBm
Potencia de salida óptica máxima	5 dBm	7 dBm	10 dBm
Sesitividad receptora máxima	-28 dBm	-32 dBm	-35 dBm
Tipo de conector óptica	SC	SC	SC
Tipo de fibra óptica	Mono-modo	Mono-modo	Mono-modo

Sobrecarga de potencia óptica	-8 dBm	-12 dBm	-15 dBm
Relación de extincción	10 dB	8.2 dB	8.2 dB

Copyright © **Anvimur Telecomunicaciones S. L.,**
Calle Rio Pliego Nº 5. P. I. Cánovas, 30010, Murcia – España. **Teléfono**: +34 968 34 40 40. **E-mail**: tienda@anvimur.com
www.anvimur.com

anvimur
telecomunicaciones

Cuplimiento de estandares para el puerto GPON

Estandar ID	Descripción
ITU-T G.984.1	(GPON) caracteristicas generales
ITU-T G.984.2	(GPON) especificación de la Capa Dependiente de Medios Fisicos (PMD)
ITU-T G.984.3	(GPON) especificación de la Capa de Convergencia de transmisión
ITU-T G.984.4	(GPON) especificación del Interfaz de la Gestión y Control del ONU

ANEXO 5. Bandeja ODF

Características principales

Marca	Corning
Modelo	sc/apc 12 puertos

Otras características

Tipo de puerto: Acoplador simplex

Cantidad de puertos: 12

Cantidad de canales: 12

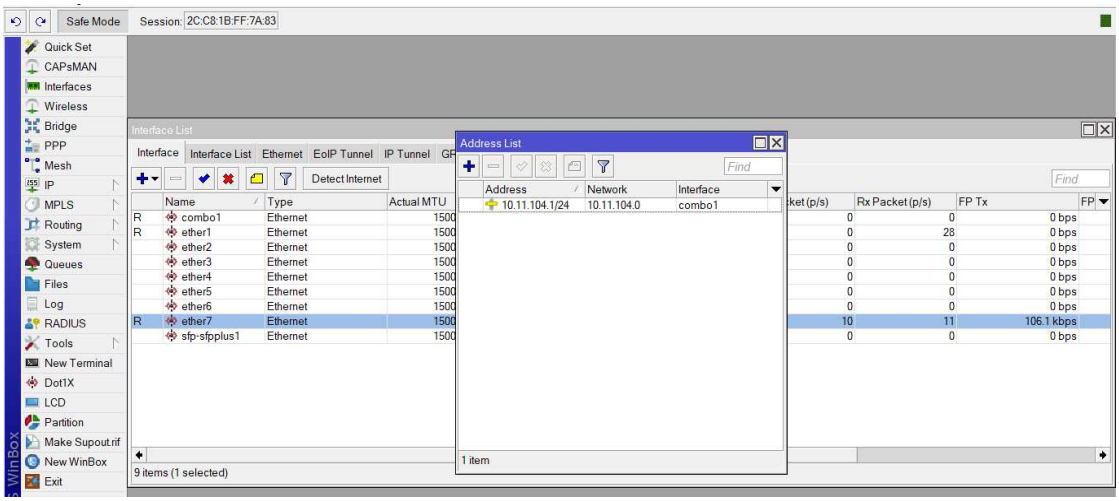
Descripción

Odf Pachera F.Optica Retráctil Conectorizada SC/APC 12 Puertos Completa

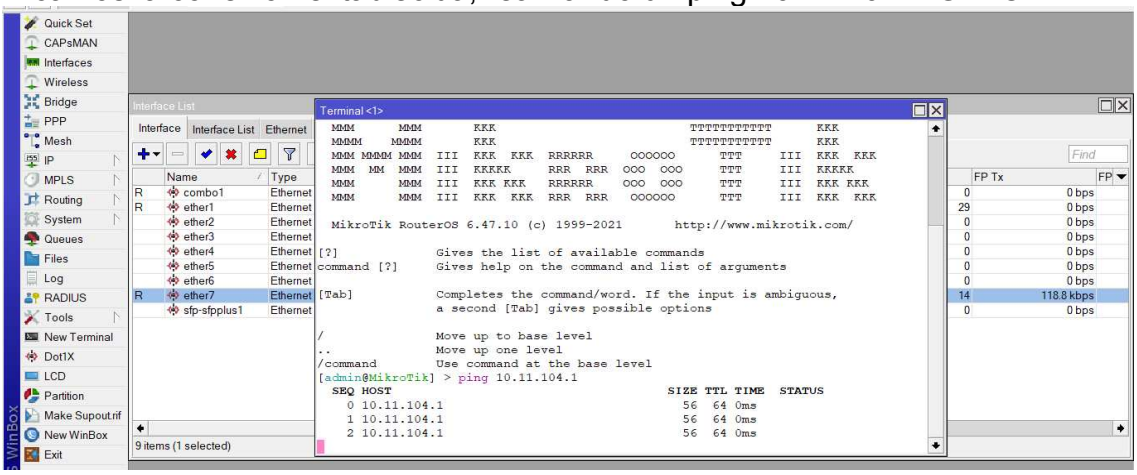
Usos y aplicaciones:
Pachera con conectores SC/APC para su uso en telecomunicaciones, fibra en el hogar, LAN/WAN y CATV, con la medida para colocar en rack de 19" cuenta con cassete para almacenar el sobrante de cable y cubierta de acero.

ANEXOS 6. Configuraciones ingreso a la OLT

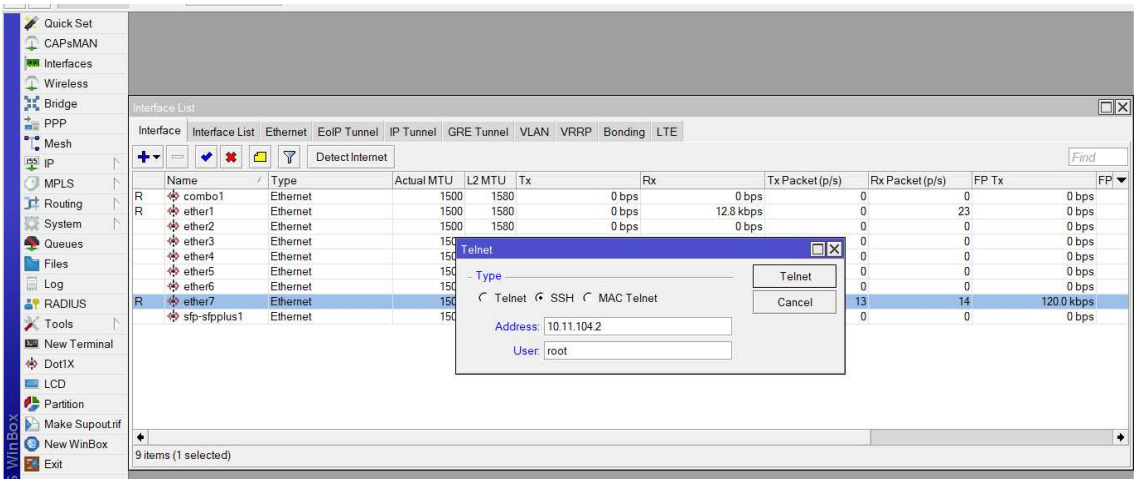
Agregamos dirección 10.11.104.1/24, para acceder a la OLT por el puerto consola.



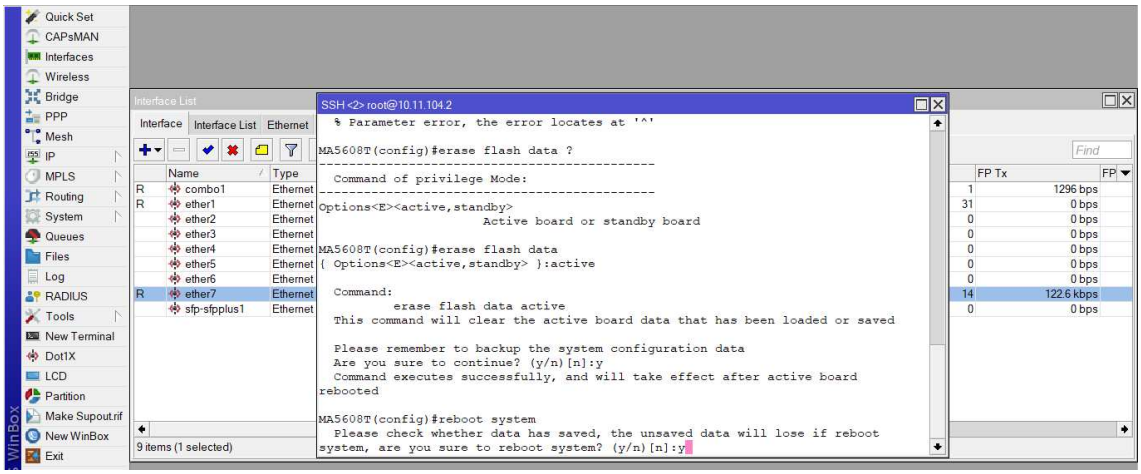
Verificamos la conexión extablecida, realizando un ping 10.11.104.1 GW OLT



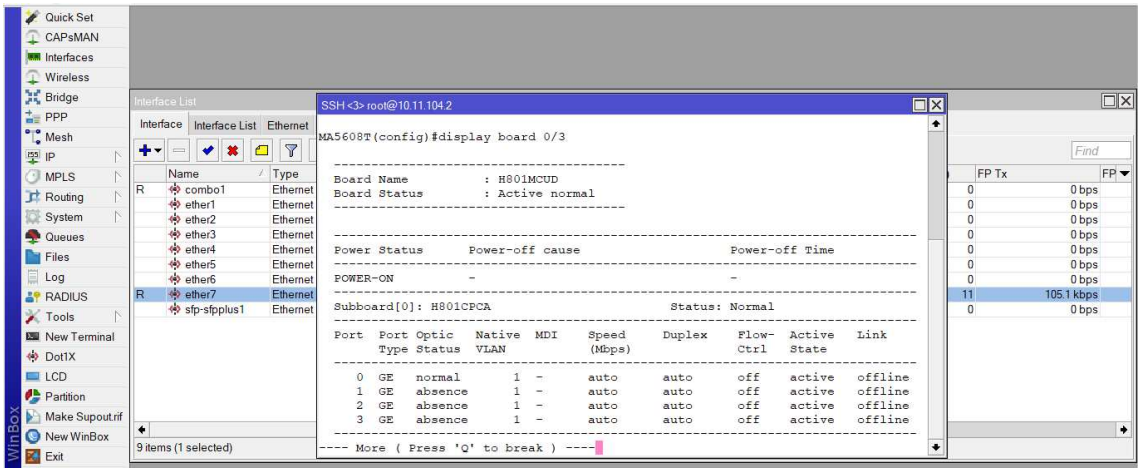
Ingreamos al OLT por medio de telnet.



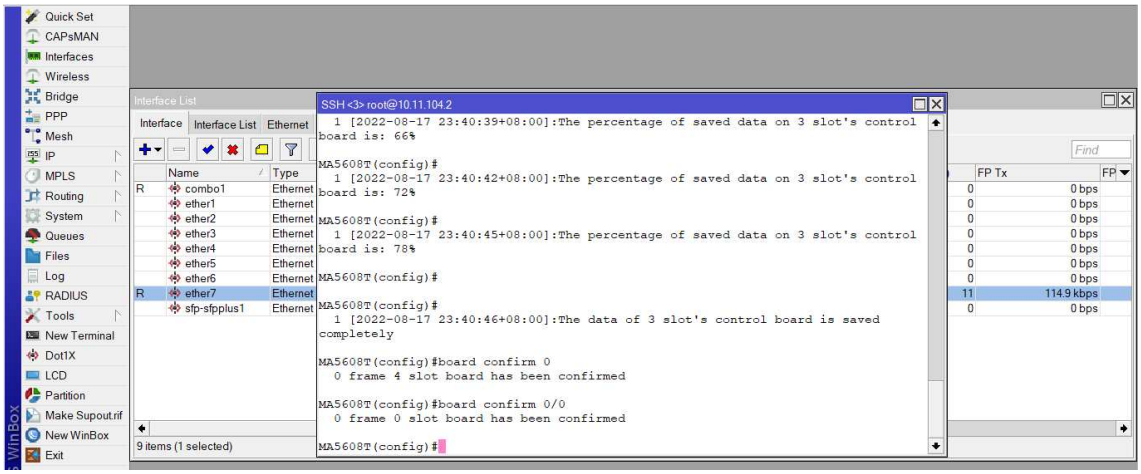
Para empezar a configurar la OLT, realizamos un reseteo de fabrica



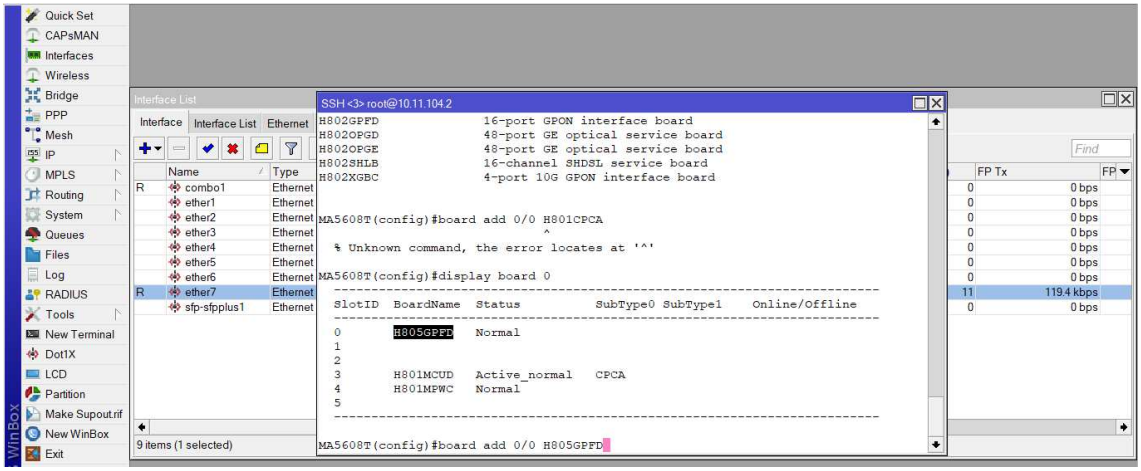
Accedemos a la tarjeta controladora de la OLT MCU, gestionar los puertos Uplink



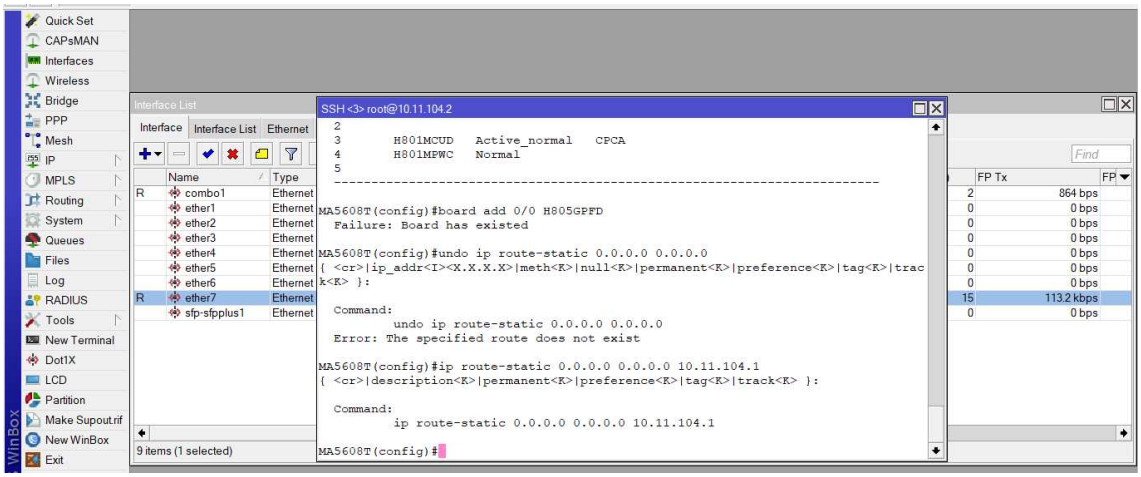
Confirmamos las tarjetas de los SLOT 0-3 de la OLT



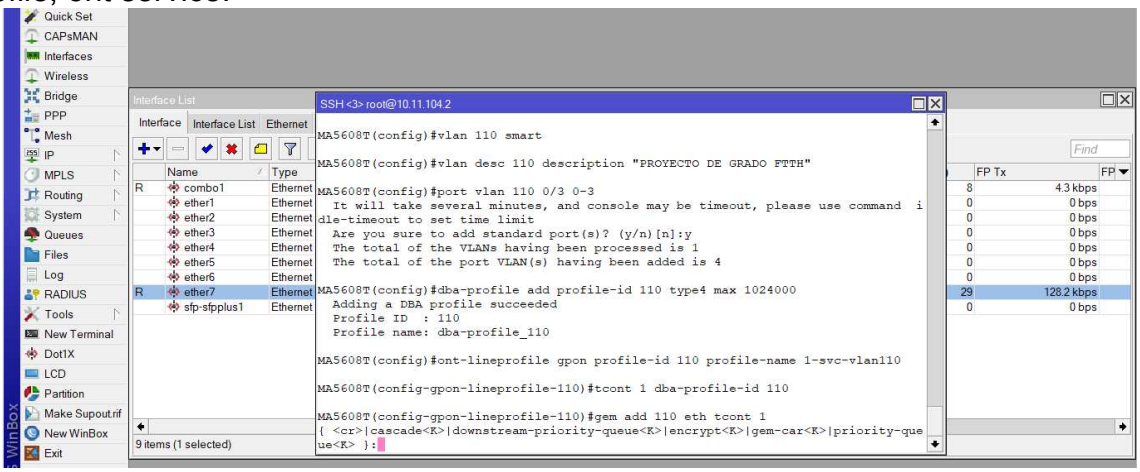
Verificación de los estados de las tarjetas para su correcto funcionamiento.



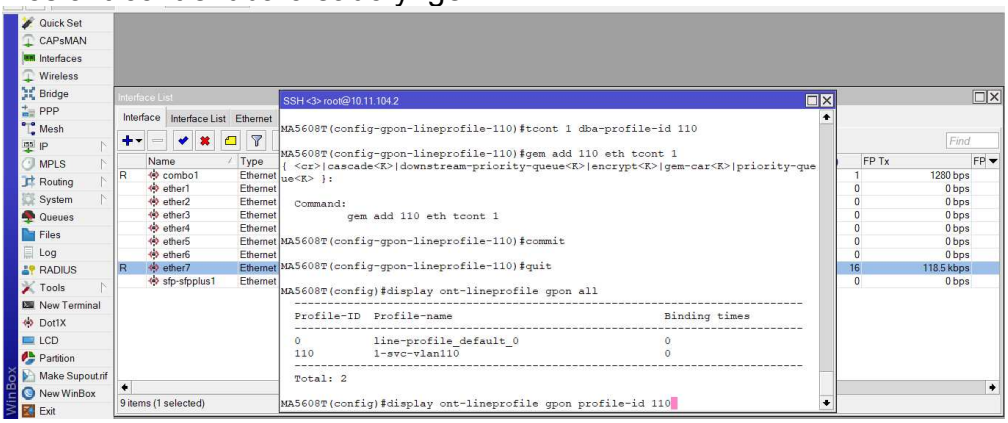
Adicionamos borramos las rutas por default, y adicionamos rutas de salida.



Creamos la VLAN 110, y asignamos al SLOT 3(puerto Uplink), creamos el dba, line-profile, ont service.

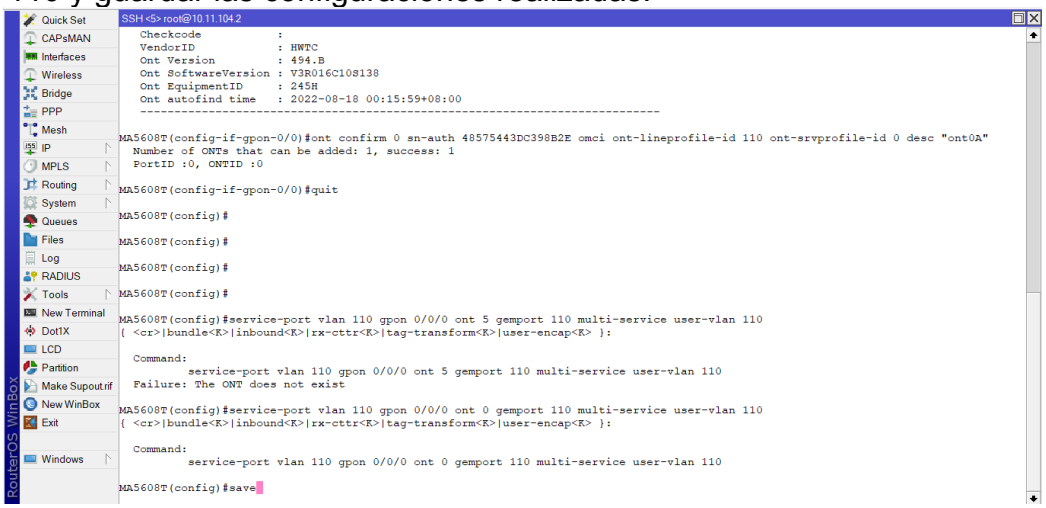


Agregamos al t-cont el dba creado y gem.



Ingresamos a la tarjeta del SLOT 0 para habiltar el puerto PON 0, y buscar la SN de la ONT conectada para luego registrarala como ID-0A.

Crear los servicios de la ONT registrada (FRAME 0 / SLOT 0 / PUERTO 0) en la VLAN 110 y guardar las configuraciones realizadas.



ANEXO 7. Caja NAP

FIBRANET

FICHA TECNICA

CAJA DE DISTRIBUCION NAT 1X8 - 1X16

Caja de distribución de fibra óptica de 16 núcleos puede albergar hasta 16 suscriptores. Se utiliza como punto de terminación para que el cable de alimentación se conecte con el cable de bajada en el sistema de red FTTx. Integra empalme, división, distribución, almacenamiento y conexión de cables de fibra en una caja de protección. La caja de distribución óptica es una solución que facilita la instalación de terminación óptica en redes de sucursales para entornos FTTH.

CARACTERÍSTICAS:

1. Diseño a prueba de agua con clasificación IP65, preparado para entornos al aire libre
2. Integrado con casete de empalme y varillas de administración de cables.
3. Administre las fibras en una condición de radio de fibra razonable.
4.Panel para alojar adaptadores ópticos SC, que deben comprarse por separado
5. Fácil de mantener y ampliar la capacidad.
6.Control de radio de curvatura de fibra de más de 40 mm.
7. Adecuado para el empalme por fusión o el empalme mecánico.
El divisor.1 * 16 se puede instalar como opción.
9. Gestión de cables eficiente.
10. Entrada de cable de 16 puertos para cable de bajada

1.Equipo con cierres de estanqueidad

TAMAÑO DE LA CAJA	MÁXIMA CAPACIDAD		TAMAÑO DE INSTALACIÓN
AxBxC (cm)	Divisor-A	Empalme-B	AxB (cm)
30 * 24 * 10	Dieciséis	dieciséis	30 * 24

CE RoHS

LF. 74649418 - 73142192 DIRECCION: B/ LA COLINA C/ LOS SAUCES N22 SANTA CRUZ - BOLIVIA

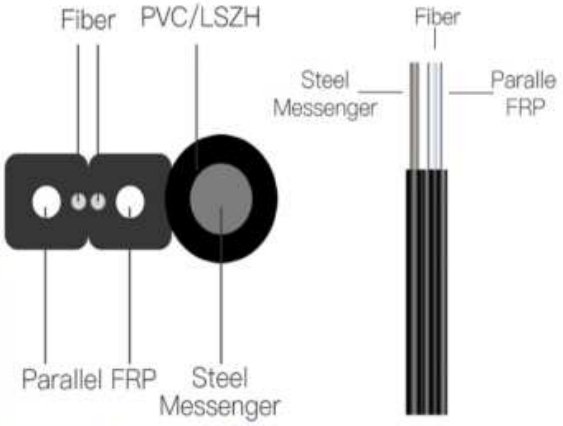
ANEXO 8. Cable Drop

FICHA TECNICA

FIBRA DROP 1 HILO CON MENSAJERO

GJXCH-1B1

El cable de derivación FTTH autoportante está construido con una o dos fibras monomodo (G.657A). El cable está protegido por un miembro de rigidez dieléctrica hecho de plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP), alambre de acero y una cubierta exterior LSZH. Diseñado para instalación al aire libre, el cable es muy adecuado para conexiones entre el cierre de la cúpula y la pequeña unidad de vivienda / almacén y villas independientes.



CARACTERÍSTICA:

No.	Items		Unit	Specification
				G657A2
1	Mode Field Diameter	1310nm	μm	9.0±0.4
		1550nm	μm	10.1±0.5
2	Cladding Diameter		μm	124.8±0.7
3	Cladding Non-Circularity		%	≤0.7
4	Core-Cladding Concentricity Error		μm	≤0.5
5	Coating Diameter		μm	245±5
6	Coating Non-Circularity		%	≤6.0
7	Cladding-CoatingConcentricity Error		μm	≤12.0
8	Cable Cutoff Wavelength		nm	λ_{cc}≤1260
9	Attenuation(max.)	1310nm	dB/km	≤0.4
		1550nm	dB/km	≤0.3
10	Macro-Bending Loss	1turn×10mm radius @1550nm	dB	≤0.75
		1turn×10mm radius @1625nm	dB	≤1.5

ANEXO 9. Splitter 1x2

1×2 Single Mode PLC Splitter Data Sheet

Operating Wavelength(nm)	1260-1650	Inspected Date	2021-08-11
P/N:	1x2-PLC-0.9-1.0-SA	S/N:	2108111000
Fiber Type	G.657A with Φ0.9mm loose tube	Fiber Length(m)	≥1. 1
Connector Type	SC/APC	Package Dimension(mm)	60x7x4
Storage Temperature	-40～+85℃	Operating Temperature	-40～+85℃

Item	IL(dB)		PDL(dB)		RL(dB)	
Wavelength(nm)	1310	1550	1310	1550	1310	1550
Spec.	MAX3.8		MAX 0.2		≥55	
Port1	3.67	3.51	0.03	0.02	Pass	Pass
Port2	3.52	3.68	0.03	0.04	Pass	Pass
Input	N/A					
MAX.	3.67	3.68	0.03	0.04	N/A	
MIN.	3.52	3.51	0.03	0.02	N/A	
Average	3.60	3.60	0.03	0.03	N/A	
Uniformity(≤0.4dB)	0.14	0.17	Directivity(dB)		≥55	

ANEXO 10. Splitter 1x8 y 1x16

1X16 Mini 0.9mm PLC Splitter Data Sheet

Operating Wavelength(nm)	1260-1650	Inspected date	2018/12/8
P/N:	1x16-0.9-1.0M-SC/APC	S/N:	18120800038
Fiber type	G657A1	Fiber Length(m)	≥1.0
Connector Type	SC/APC	Package Dimension(mm)	60x12x4
Storage Temperature	-40 ~+85℃	Operating Temperature	-40 ~+85℃

Item	IL(dB)			PDL(dB)			RL(dB)		
Wavelength(nm)	@1310	@1490	@1550	@1310	@1490	@1550	@1310	@1490	@1550
Spec.	MAX.13.80			MAX. 0.15			>60		
Port 1	13.25	13.22	13.43	0.02	0.09	0.02	Pass	Pass	Pass
Port 2	12.96	13.50	13.25	0.06	0.01	0.09	Pass	Pass	Pass
Port 3	12.88	13.56	13.00	0.06	0.04	0.02	Pass	Pass	Pass
Port 4	12.84	13.08	13.56	0.06	0.07	0.07	Pass	Pass	Pass
Port 5	12.98	13.53	12.85	0.06	0.04	0.02	Pass	Pass	Pass
Port 6	13.06	13.33	12.97	0.02	0.04	0.06	Pass	Pass	Pass
Port 7	12.98	13.36	12.94	0.02	0.02	0.07	Pass	Pass	Pass
Port 8	13.48	13.36	13.05	0.07	0.04	0.07	Pass	Pass	Pass
Port 9	13.24	13.22	13.32	0.04	0.03	0.05	Pass	Pass	Pass
Port 10	13.27	13.24	13.23	0.06	0.03	0.01	Pass	Pass	Pass
Port 11	13.57	13.56	13.08	0.04	0.02	0.02	Pass	Pass	Pass
Port 12	13.18	13.15	13.28	0.08	0.08	0.08	Pass	Pass	Pass
Port 13	12.98	13.31	13.08	0.08	0.04	0.01	Pass	Pass	Pass
Port 14	12.93	13.08	13.42	0.09	0.08	0.05	Pass	Pass	Pass
Port 15	13.08	13.35	13.27	0.02	0.04	0.01	Pass	Pass	Pass
Port 16	13.18	12.92	13.11	0.02	0.08	0.05	Pass	Pass	Pass
Input	N/A						N/A		
MAX.	13.57	13.56	13.42	0.09	0.08	0.08	N/A		
MIN.	12.93	12.92	13.08	0.02	0.02	0.01	N/A		
Average	13.18	13.23	13.23	0.05	0.05	0.04	N/A		
Uniformity(≤0.8dB)	0.64	0.65	0.34	Directivity(dB)			>55		

Checked by:Lily

QC by:Ollie

QC PASS 02

1X8 LGX PLC Splitter Data Sheet

Operating Wavelength(nm)	1260-1650	Inspected date	2018/9/30
P/N:	1x8-LGX-SC/APC	S/N:	18093000018
Fiber type	G657A1	Fiber Length(m)	±0.4
Connector Type	SC/APC	Package Dimension(mm)	130x100x26
Storage Temperature	-40 ~+85℃	Operating Temperature	-40 ~+85℃

Item	IL(dB)			PDL(dB)			RL(dB)		
Wavelength(nm)	@1310	@1490	@1550	@1310	@1490	@1550	@1310	@1490	@1550
Spec.	MAX.10.50			MAX. 0.15			>60		
Port 1	10.26	9.82	10.34	0.07	0.08	0.02	Pass	Pass	Pass
Port 2	10.12	10.04	10.04	0.05	0.06	0.01	Pass	Pass	Pass
Port 3	10.35	10.03	10.20	0.06	0.09	0.07	Pass	Pass	Pass
Port 4	10.07	10.37	9.93	0.03	0.02	0.06	Pass	Pass	Pass
Port 5	10.34	9.98	9.82	0.08	0.05	0.07	Pass	Pass	Pass
Port 6	9.89	10.29	10.08	0.06	0.04	0.05	Pass	Pass	Pass
Port 7	10.16	9.98	10.35	0.03	0.05	0.08	Pass	Pass	Pass
Port 8	10.22	10.06	9.83	0.07	0.07	0.01	Pass	Pass	Pass
Input	N/A						N/A		
MAX.	10.35	10.37	10.35	0.08	0.09	0.08	N/A		
MIN.	9.89	9.82	9.82	0.03	0.02	0.01	N/A		
Average	10.18	10.07	10.07	0.06	0.06	0.05	N/A		
Uniformity(≤0.8dB)	0.46	0.54	0.53	Directivity(dB)			>55		

QC PASS 08

Checked by:Lily

QC by:Ollie

ANEXO 11. ACOPLE SC/APC

NÚMERO DE PARTE

OPACSCAZIRSVE

*Imagen del producto solo representativa

DESCRIPCIÓN

Los acopladores de Optronics, permiten alinear con precisión los conectores, permitiendo la continuidad del haz de luz de un extremo al otro. Los acopladores SC fijan y aseguran los conectores, garantizando que no tengan desconexiones. Para alinear correctamente los conectores, el acoplador utiliza mangas de cerámica de zirconia.

Son fabricados de acuerdo con los requerimientos de las normativas internacionales, disponible en simplex y para pulido en UPC, APC y PC. El diseño de los acopladores SC ofrece una solución óptica para las redes de fibra óptica, ya que reduce el tiempo de instalación sin la necesidad de utilizar herramientas especiales.

- Manga de cerámica de zirconia
- Disponible en simplex y dúplex
- Disponible para UPC, APC y PC
- Alineación precisa
- 500 inserciones
- Con pestaña
- Acoplación Push Pull
- RoHS

/optronicsmx

Rev.2

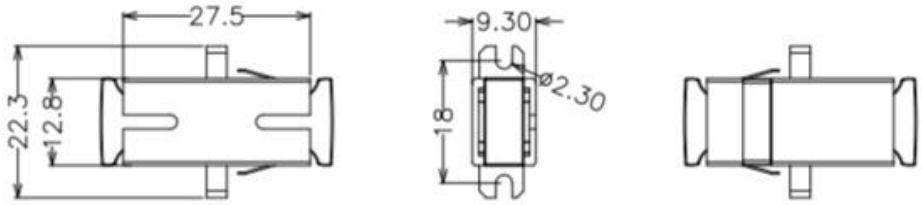
OPTRONICS S.A. de C.V. ventas@optronics.com.mx - www.optronics.com.mx 1

APLICACIÓN

Para la alineación exacta entre férulas y permitan la continuidad del haz de luz, entre el conector y acoplador.

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Acoplador	SC Simplex
Material	Plástico (PC)
Manga de alineación	Cerámica de circonia
Tapón cubre polvo	Plástico (PBT)
Tipo de pulido	APC
Color	Verde
Dimensiones	27.3 x 12.8 x 9.30 mm ± 0.05
Parámetros ambientales	
Temperatura de operación	-40 °C a +75 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +85 °C
Parámetros ópticos	
Pérdida de inserción típica	≤ 0.1 dB
Pérdida de inserción máxima	≤ 0.2 dB
Durabilidad	500 inserciones (Δ I.L. ≤ 0.2 dB)
Estándares	
Telcordia GR-326-CORE	IEC 61754-4 SC
RoHS	-

DIBUJO TÉCNICO



CONDICIONES DE USO

- Su acoplamiento será únicamente para conectores de tipo SC Simplex
- Antes de realizar la acoplación, asegúrese de inspeccionar por medio del Miscroscopio si el conector se encuentra contaminado sea por partículas de polvo o de grasa cutánea, ya que si lo llegara a insertar, también pudiera contaminar el acoplador ocasionando algunas fallas en su enlace
- Si no tiene ningún conector acoplado, asegurese de no retirar el tapón cubre polvo, para evitar su contaminado por partículas de polvo

EMPAQUE

PESO Y DIMENSIONES	
Tipo	Bolsa tipo Ziplock
Material	Plástico
Dimensiones	85 x 60 mm

ANEXO 12. Roseta óptica

FICHA TECNICA

ROSETA PARA FTTH DE 1 PUERTO

La salida de fibra óptica está especialmente diseñada para 1 abonado en la aplicación FTTH. Se utiliza para proteger la terminación del Cable de caída FTTH y el conector rápido de montaje de campo en interior. La salida de fibra óptica integra terminación, almacenamiento y parcheado de fibra en una caja altamente compacta

Productos	FPB-103A
Material	PC y ABS
Tamaño (H * W * D)	92 * 52 * 18 mm
La capacidad de	SC: LC:
Peso neto	0,1 kg
Color	BLANCA
Característica	Similares con Fujikura

ANEXO 13. Conector mecánico

FICHA TECNICA

CONECTOR RAPIDO SC-APC

conectores rápidos hacen que las terminaciones de fibra sean rápidas, fáciles y confiables. Nuestro conector rápido puede reducir en gran medida el tiempo de montaje y configuración. Los conectores rápidos se aplican principalmente al cable FTTH en proyectos FTTH, directamente en el sitio del usuario final

CARACTERÍSTICAS:

1) Baja pérdida de inserción
2) Facilidad de instalación
3) Bajo costo y confiabilidad
4) Facilidad de uso
5) Baja sensibilidad ambiental
6) Alta pérdida de retorno (bajas cantidades de reflexión en la interfaz)

ESPECIFICACIÓN:

	SM (UPC)	SM (APC)	MM
Pérdida de inserción	≤ 0,3 dB	≤ 0,3 dB	≤ 0,25 dB
Pérdida de retorno	≥55db	≥65db	≥30db
Durabilidad	≤ 0.2db de cambio típico, 1000 veces apareamiento		
Temperatura de funcionamiento	-45 a +85 grados		
Tamaños de los orificios de la férula	125.0 + 1 / -0um, Concentricidad: ≤1.0um	125.0 + 1 / -0um, Concertricidad: ≤0.5um	127.0um, Concertricidad: ≤3.0um
	125.5 + 1 / -0um, Concentricidad: ≤1.0um	125.5 + 1 / -0um, Concentricidad: ≤0.5um	
	126.0 + 1 / -0um, Concertricidad: ≤1.0um	126.0 + 1 / -0um, Concertricidad: ≤0.5um	

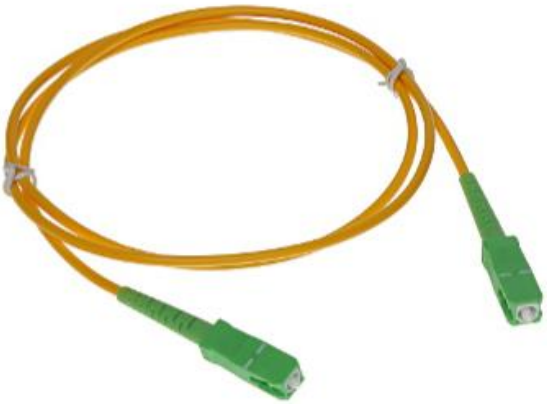
ANEXO 14. Patchcord

FICHA TÉCNICA

Código: PC-SC-APC/SC-APC-1

PATCHCORD MONOMODO **PC-SC-APC/SC-APC-1** 1 m

Patchcord símplex monomodo con revestimiento PVC. Los patchcords se utilizan para transmitir señales ópticas entre dispositivos activos, cuadros de distribución, etc.



Tipo de conector:	SC-APC <-> SC-APC
Tipo de fibra óptica:	9 / 125 µm
Pérdida de inserción total:	≤ 0.3 dB
Algunas características:	• Hecho de acuerdo con los requisitos: G.657A1 • revestimiento PVC
Longitud:	1 m
Garantía:	2 años

ANEXO 15. Modem HUAWEI

EG8141A5 Datasheet

Get a Quote

Router-switch.com

Overview

Huawei EG8141A5, an intelligent routing-type ONT.

Product Details

Huawei EG8141A5 provides these features:

GPON Port

- Class B+
- Receiver sensitivity: -27 dBm
- Overload optical power: -8 dBm
- Wavelengths: US 1310 nm, DS 1490 nm
- Wavelength blocking filter (WBF) of G.984.5
- Flexible mapping between GEM Port and TCONT
- GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3
- Bi-directional FEC
- SR-DBA and NSR-DBA
- Type B (single-homing & dual-homing)

Ethernet Port

- Ethernet port-based VLAN tags and tag removal
- 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission
- QinQ VLAN
- Limit on the number of learned MAC addresses
- MAC address learning
- GE: Auto-adaptive 10 Mbit/s, 100 Mbit/s or 1000 Mbit/s
- FE: Auto-adaptive 10 Mbit/s, 100 Mbit/s

POTS Port

- Maximum REN: 4
- G.711A/μ, G.729a/b and G.722 encoding/decoding
- T.30/T.38/G.711 fax mode
- DTMF
- Emergency calls (with the SIP protocol)

WLAN

- IEEE 802.11 b/g/n
- 2 x 2 MIMO
- Antenna gain: 5 dBi
- WMM
- Multiple SSIDs
- WPS
- Air interface rate: 300 Mbps

Smart interconnection

- Smart Wi-Fi coverage
- SIP/H.248 auto-negotiation

• Any port any service

• Parental control

• L2/L3(IPv4) forwarding: 1G uplink, 1.3G downlink

Smart service

• Smart Wi-Fi sharing:

Portal/802.1x authentication

SoftGRE-based sharing

• Scheduled Wi-Fi shutdown

Smart O&M

• IPTV video quality diagnosis

• Rogue ONT detection and isolation from the OLT

• Call emulation, and circuit test and loop-line test

• PPPoE/DHCP simulation testing

• WLAN emulation

• eSight management

Layer 3 Features

• PPPoE/Static IP/DHCP

• NAT/NAPT

• Port forwarding

• ALG, UPnP

• DDNS/DNS server/DNS client

• IPv6/IPv4 dual stack, and DS-Lite

• Static/Default routes

• Multiple services on one WAN port

Multicast

• IGMP v2/v3 proxy/snooping

• MLD v1/v2 snooping

QoS

• Ethernet port rate limitation

• 802.1p priority

• SP/WRR/SP+WRR

• Broadcast packet rate limitation

Security

• SPI firewall

• Filtering based on MAC/IP/URL addresses

Common O&M

• OMCI/Web UI/TR069

• Variable-length OMCI messages

• Dual-system software backup and rollback

Power Saving

• Indicator power saving

• COC V5

Get More Information

Do you have any question about the EG8141A5?

Contact us now via **Live Chat** or **sales@router-switch.com**.

Specification

EG8141A5 Specification	
Dimensions (H x W x D)	30 mm x 152 mm x 105 mm (without an external antenna and pads)
Operating temperature	0°C to +40°C
Operating humidity	5% RH to 95% RH (non-condensing)
Power adapter input	100–240 V AC, 50/60 Hz
System power supply	11–14 V DC, 1 A
Static power consumption	3.1 W
Max power consumption	7.15 W
NNI	GPON
UNI	1POTS + 1GE + 3FE + 2.4G Wi-Fi
Optical Connector	SC/APC
Indicators	POWER/PON/LOS/LAN/TEL/WLAN/WPS
Installation mode	On the desk, or on the wall
Compliance certification	CE/Wi-Fi

ANEXO 16. Power Meter

AUTO-WAVELENGTH RECOGNITION

The FLS-300 or FOT-300 units can transmit with a wavelength-identification digital encrypted protocol, enabling the FPM-300 power meter to automatically use the proper calibration parameters. This feature reduces the need for communication between the two technicians and decreases the potential for error.

DISTANT REFERENCING

Signal encrypting can also give the receiving end information on the power to be used as reference, helping ensure efficient referencing, even when the two units are far apart.

FTTx READY

EXFO's FPM-300 allows for the testing of passive optical networks (PONs) at 1310 nm, 1490 nm and 1550 nm, the three wavelengths recommended by the ITU-T (G.983.3) for PONs.

SPECIFICATIONS*

Model *	FPM-302	FPM-302X
Power meter port	Ge	GeX
Power range (dBm) *	10 to −60	26 to −50
Range displayed (dBm)	Down to −65	Down to −50
Number of calibrated wavelengths *	10	10
Power uncertainty *	±5% ± 1 nW	±5 % ± 10 nW
Resolution (dB)	0.01 *	0.01 *
Automatic offset nulling *	Yes	Yes
Warm-up period (min) * (s)	0	0
Display units	dB, dBm, W	dB, dBm, W
Tone detection	270 Hz, 1 kHz and 2 kHz	270 Hz, 1 kHz and 2 kHz
Automatic wavelength recognition	Yes	Yes
Screen refresh rate (Hz)	3	3
Tone detection (Hz)	270, 1 k, 2 k	270, 1 k, 2 k
Battery life (hours) (typical)	> 300	> 300
Warranty and recommended recalibration interval (years)	3	3

GENERAL SPECIFICATIONS

Size (H x W x D)		185 mm x 100 mm x 55 mm (7 1/4 in x 4 in x 2 1/8 in)
Weight		0.4 kg (0.9 lb)
Temperature	Operating Storage	−10 °C to 50 °C (14 °F to 122 °F) −40 °C to 70 °C (−40 °F to 158 °F)
Relative humidity		0% to 95% non-condensing