



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
TRABAJO DE TITULACION DE EN OPCION AL GRADO DE:
INGENIERO EN ELECTRONICA DIGITAL Y
TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

**DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FTTH PARA EL
SERVICIO DE INTERNET PROVISTO POR LA EMPRESA IPLANET
S.A. EN YARUQUÍ Y TABABELA MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE
ESTÁNDARES PON.**

AUTOR:

MARIO VINICIO MAISINCHO ANCHAPANTA

TUTOR:

ING. FLAVIO MORALES AREVALO

QUITO, ECUADOR

2019

AGRADECIMIENTO

A Dios por cuidar de mí y haberme colmado de bendiciones.

A mis padres y hermanos que gracias a sus consejos y motivaciones hicieron posible el desarrollo y la culminación de esta etapa de la vida con éxito.

A mis profesores, compañeros y amigos que de una u otra forma compartieron sus conocimientos y valiosas experiencias en el campo de estudio, se los agradezco infinitamente.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a:

Mi madre Zenaida Anchapanta, a mis hermanos, y a mi Novia María Moncayo quienes han sido ejemplo de humildad, respeto, trabajo, perseverancia, y sobre todo mi fuente de inspiración y superación personal.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FTTH PARA EL SERVICIO DE INTERNET PROVISTO POR LA EMPRESA IPLANET S.A. EN YARUQUÍ Y TABABELA MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE ESTÁNDARES PON.”, presentado por el Sr. Mario Vinicio Maisincho Anchapanta , estudiante de la Carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones , reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. septiembre de 2019

TUTOR

.....

Ing. Flavio Morales Arévalo, Mg

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

El documento de tesis con título: “DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FTTH PARA EL SERVICIO DE INTERNET PROVISTO POR LA EMPRESA IPLANET S.A. EN YARUQUÍ Y TABABELA MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE ESTÁNDARES PON” ha sido desarrollado por el señor Maisincho Anchapanta Mario Vinicio con C.C. No. 1720303575 persona que posee los derechos de autoría y responsabilidad, restringiéndose la copia o utilización de la información de esta tesis sin previa autorización.

Maisincho Anchapanta Mario Vinicio

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Proyecto de aprobación de acuerdo con el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencias de La Ingeniería de la Universidad Tecnológica Israel.

Quito, septiembre 2019

Para constancia firman:

TRIBUNAL DE GRADO

F.....

PRESIDENTE

F.....

VOCAL

F.....

VOCAL

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORIA	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del Problema	1
Justificación	2
Objetivo General.....	2
Objetivos específicos.....	3
Alcance	3
Descripción de los capítulos.....	4
1. La luz	5
1.1. Propiedades de la Luz	6
Velocidad en el vacío	6
Ley de Snell	6
• Refracción.....	7
• Índice de refracción	8
• Reflexión	9

• Ángulo crítico	9
• Reflexión total	10
• Cono de aceptación.....	11
• Apertura numérica	12
1.2. Ventanas de transmisión	12
1.2.1. Bandas de transmisión.....	14
1.3. La fibra óptica.....	15
Tipos de fibra óptica.....	15
Fibra óptica multimodo	16
Fibra óptica monomodo.....	16
1.4. Parámetros de transmisión de la fibra óptica.....	17
Atenuación.....	17
1.4.1. Pérdidas intrínsecas	17
Absorción debida a rayos ultravioleta e infrarrojos.....	17
Dispersión de Rayleigh.....	18
1.4.2. Pérdidas de Origen externo	19
Absorción debida a impurezas.....	19
Atenuación por curvaturas.....	19
Atenuación por micro curvaturas	19
Atenuación por tendido, ambiente y envejecimiento	19
1.5. Tipos de dispersión	20
Dispersión modal.....	20
Dispersión cromática	21
Dispersión por modo de polarización PMD	22

1.6. Estructura de los cables de fibra óptica	23
Estructura ajustada.....	24
Estructura holgada	25
1.7. Empalmes.....	25
1.7.1. Empalme mecánico	26
1.7.2. Empalme por fusión	26
1.8. Conectores para fibra óptica	27
1.9. Tipos de pulidos en conectores	28
• Pulido tipo PC.....	28
• Pulido tipo UPC.....	28
• Pulido tipo UPC.....	29
1.10. Emisores y receptores ópticos	29
Receptores ópticos (fotodetectores)	32
• Fotodetector PIN	33
• Fotodetector de avalancha APD	34
1.11. Estándares de fibra óptica	36
• ITU-T G.651	36
• ITU-T G.652.....	36
• ITU-T G.653.....	36
• ITU-T G.654.....	37
• ITU-T G.655.....	37
• ITU-T G.656.....	37
• ITU-T G.657.....	37

1.12.	Cálculos ópticos	38
•	Pérdidas producidas por la fibra óptica	38
•	Pérdidas producidas en los empalmes	38
•	Pérdidas producidas por conectores	39
•	Margen del sistema.....	39
•	Balance del sistema	40
•	Longitud máxima del enlace óptico.....	40
•	Atenuación total del enlace.....	41
1.13.	Ventajas y desventajas de la fibra óptica	42
1.13.1.	Ventajas	42
1.13.2.	Desventajas.....	42
1.14.	Redes de Fibra óptica	43
1.14.1.	Activas	43
1.14.2.	Pasivas	44
1.14.3.	Componentes de las redes PON	45
	Optical Line Terminal (OLT).....	45
	Optical Network Terminal (ONT).....	46
	Divisores ópticos (Splitters)	46
1.14.4.	Estándares PON.....	48
	APON (Redes Ópticas Pasivas).....	48
	BPON (Redes Ópticas Pasivas de Banda Ancha)	49
	GPON (Gigabit-Capable PON)	50
	GEAPON (Gigabit-Ethernet PON)	50
	EPON (Ethernet PON)	51

XG PON	52
NG PON2	53
Arquitectura de Redes FTTx	56
FTTH (Fiber to the Home)	56
FTTB (Fiber to the Building)	57
FTTC (Fiber to the Curb)	57
FTTDp (Fiber to the Distribution Point)	57
Topologías y Tecnologías FTTH.....	58
1.6. Marco Regulatorio.....	59
2.1. Metodología de la investigación.....	65
2.1.1. Encuesta.....	65
2.1.2. Investigación bibliográfica	65
2.1.3. Investigación de campo	66
3.1. Levantamiento y análisis de la información.....	67
3.2. Evaluación de estándares PON.....	69
3.3. Diagrama general.....	74
3.4. Infraestructura activa	75
• OLT NG PON2.....	75
• ONT NG PON2	76
Selección del cable de fibra óptica	78
3.3. Presupuesto de equipos y materiales	79
3.3.1. Costos por arrendamiento de postes	80
3.3. Evaluación económica.....	81
• Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR)	82

• Valor actual neto (VAN)	83
• Tasa Interna de retorno (TIR)	83
Evaluación VAN y TIR	83
3.5. Tiempo estimado de instalación de red FTTH	84
3.6. Ventajas	87
4.1. Ubicación de la infraestructura activa de la red FTTH	96
4.2. Ubicación de los segmentos de red feeder y de distribución.....	97
4.2.1. Topología de red.....	97
4.3. Simbología y codificación de elementos pasivos	98
4.4. Segmento de red feeder	100
4.5. Red de distribución.....	101
4.6. Reservas.....	104
4.7. Cálculos de enlace	107
4.7.1. Presupuesto de pérdida óptica	108
• Atenuación por fibra óptica	109
• Atenuación por empalmes	109
• Atenuación por conectores	109
• Atenuación total.....	109
4.7.2. Cálculo de potencia	110
4.7.3. Longitud máxima del enlace óptico.....	112
4.8. Planimetría.....	112
Red Planta externa	112
Diagrama de instalación de elementos pasivos	115
Ubicación de infraestructura y equipos en armario de telecomunicaciones.....	115

4.8.2. Registro de infraestructura de red.....	117
4.8.3. Registro de georreferenciación de la red	119
4.8.4. Instalación y configuración de equipamiento activo y pasivo.....	120
4.8.5. Instalación de elementos de la red feeder y de distribución	122
4.9. Pruebas de funcionamiento.....	123
4.10. Análisis de resultados	124
ANEXOS	130
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN	155

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1.1. Clasificación del espectro electromagnético.....	5
Figura. 1.2. Ley de Snell.....	6
Figura. 1.3. Refracción de la luz.....	7
Figura. 1.4. Reflexión de la luz.....	9
Figura. 1.5. Reflexión total.....	10
Figura. 1.6. Cono de aceptación.....	11
Figura. 1.7. Apertura numérica.....	12
Figura. 1.8. Composición fotodetector APD.....	13
Figura. 1.9. Constitución de la fibra óptica.....	15
Figura. 1.10. Fibra óptica multimodo.....	16
Figura. 1.11. Fibra óptica monomodo.....	16
Figura. 1.12. Atenuación en una fibra óptica.....	20
Figura. 1.13. Dispersión modal.....	20
Figura. 1.14. Dispersión cromática.....	21
Figura. 1.15. Dispersión PMD.....	22
Figura. 1.16. Estructura de los cables de fibra óptica.....	23
Figura. 1.17. Cables de fibra óptica de estructura ajustada.....	24
Figura. 1.18. Cables de fibra óptica de estructura holgada.....	25
Figura. 1.19. Empalme mecánico.....	26
Figura. 1.20. Empalme por fusión.....	26
Figura. 1.21. Tipos de conectores para fibra óptica.....	27
Figura. 1.22. Tipos de pulidos para fibra óptica.....	28
Figura. 1.23. Materiales utilizados en dispositivos opto electrónicos.....	29
Figura. 1.24. Doble heteroestructura empleada en diodos led y diodos láser.....	30
Figura. 1.25. Formas comparativas de un diodo láser de gas, un diodo láser de semiconductor clásico y un micro láser de cavidad vertical.....	31
Figura. 1.26. Estructura interna de un diodo láser acoplado a un latiguillo de fibra óptica.....	31
Figura. 1.27. Composición fotodetector PIN.....	33
Figura. 1.28. Funcionamiento fotodetector PIN.....	33

Figura. 1.29. Funcionamiento fotodetector APD.....	34
Figura. 1.30. Composición fotodetector APD.....	35
Figura. 1.31. Reflexiones de luz debido a curvatura excesiva de la fibra óptica.....	42
Figura. 1.32. Esquema red óptica activa.....	43
Figura. 1.33. Esquema red óptica pasiva.....	44
Figura. 1.34. OLT modular Huawei Smart AX.....	45
Figura. 1.35. ONT Huawei serie Echolife.....	45
Figura. 1.36. Estructura del splitter 1x8.....	46
Figura. 1.37. Arquitectura básica de una red PON.....	47
Figura. 1.38. APON sobre arquitecturas FTTx.....	48
Figura. 1.39. Arquitectura básica de redes GEAPON.....	50
Figura. 1.40. Arquitectura básica de una red EPON.....	50
Figura. 1.41. Arquitectura con XG-PON.....	52
Figura. 1.42. Esquema de OLT NG PON2 conectada a las ONUs con láser sintonizables.....	53
Figura. 1.43. Administración de capacidad bajo demanda.....	54
Figura. 1.44. GPON coexistencia con NG PON2.....	55
Figura. 1.45. Tipos de arquitecturas FTTX.....	57
Figura. 1.46. Topologías FTTH.....	58
Figura. 1.47. Esquema de instalación de los cables de Telecomunicaciones.....	59
Figura. 1.48. Esquema de instalación de elementos activos y pasivos de las redes físicas de Telecomunicaciones.....	60
Figura. 1.49. Reserva de cables tipo figura 8.....	60
Figura. 1.50. Información para georreferenciación de redes de Telecomunicaciones.....	61
Figura. 1.51. Representación de elementos para georreferenciación de redes de Telecomunicaciones.....	62
Figura. 1.52. Representación de los cables para georreferenciación de redes de Telecomunicaciones.....	63
Figura. 3.1. Vista área de la Parroquia de Tababela.....	67
Figura. 3.2. Vista aérea de la Parroquia de Yaruqui.....	68
Figura. 3.3 Grafico de entorno de visualización de información cartográfica en Arcgis.....	68
Figura. 3.4. Trafico IP por mes al 2022.....	69

Figura. 3.5. Trafico IP global por categoría de aplicación.....	69
Figura. 3.6. Gráfico de los operadores que cursan tráfico a través de NAP.EC.....	70
Figura. 3.7. Grafica del tráfico cursado por NAP.EC en las Ciudades de Quito y Guayaquil...	70
Figura. 3.8. Diagrama general.....	73
Figura. 3.9. Equipo OLT.....	75
Figura. 3.10. Equipo ONT.....	76
Figura. 3.11. Diagrama de Gantt.....	84
Figura. 4.1. Atributos modificados información cartográfica del INEC.....	87
Figura. 4.2. Información cartográfica del INEC en Google Earth.....	88
Figura. 4.3. Atributos de capas en Arcgis.....	90
Figura. 4.4. Densidad de viviendas a nivel de sectores y manzanas.....	90
Figura. 4.5. Sectores y manzanas con alta densidad de viviendas.....	91
Figura. 4.6. Ubicación infraestructura del equipamiento del nodo.....	94
Figura. 4.7. Topología tipo árbol red FTTH.....	96
Figura. 4.8. Estilos de elementos de red FTTH.....	97
Figura. 4.9. Codificación de mangas.....	97
Figura. 4.10. Recorrido de ruta feeder.....	98
Figura. 4.11. Ubicación de mangas troncales.....	99
Figura. 4.12. Ubicación tentativa de cajas de distribución.....	100
Figura. 4.13. Zonas de influencia de cajas de distribución óptica.....	101
Figura. 4.14. Ubicación de elementos pasivos y recorrido de red feeder y de distribución.....	101
Figura. 4.15. Esquema de pérdidas del enlace óptico.....	106
Figura. 4.16. Planimetría de red feeder.....	111
Figura. 4.17. Planimetría de red de distribución.....	112
Figura. 4.18. Ubicación de infraestructura del nodo óptico.....	113
Figura. 4.19. Ubicación de elementos pasivos en el poste.....	114
Figura. 4.20. Aplicativo para la realización de estudios técnicos de radiofrecuencia.....	115
Figura. 4.21. Pantalla principal del aplicativo AVIS que contienen a los formularios técnicos.....	116
Figura. 4.22. Atributos de elementos de red FTTH.....	117
Figura. 4.23. Atributos de ruta feeder y de distribución.....	117

Figura. 4.24. Ubicación de equipos en armario de telecomunicaciones.....	118
Figura. 4.25. Topología en software de gestión.....	118
Figura. 4.26. Parámetros ópticos de la ONT perteneciente a un cliente.....	119
Figura. 4.27. Configuración del PPPoE server.....	119
Figura. 4.28. Instalación de plotter e instalación de caja en poste.....	120
Figura. 4.29. Reserva de fibra óptica y manga troncal.....	120
Figura. 4.30. Medición de potencia en cajas de distribución óptica (QSD 0014 Y QSD 0015).....	121

LISTA DE TABLAS

Tabla. 1.1. Índices de refracción de varios elementos.....	8
Tabla. 1.2. Bandas de operación y rangos de longitud de onda.....	14
Tabla. 1.3. Pérdidas intrínsecas típicas dB/km.....	18
Tabla. 1.4. Tipos de conectores para fibra óptica.....	27
Tabla. 1.5. Características fotodetectores PIN y APD.....	35
Tabla. 1.6. Pérdidas de inserción de splitters.....	47
Tabla. 1.7. Comparativa principales tecnologías PON.....	51
Tabla. 3.1. Parámetros definidos en los estándares GPON, XG PON y NG PON2.....	71
Tabla. 3.2. Velocidad en los estándares GPON, XG PON y NG PON2.....	72
Tabla. 3.3. Valores de bit rate contratados por usuarios residenciales, Pymes y Corporativos..	72
Tabla. 3.4. Características estándares ITU.....	77
Tabla. 3.5. Costo de equipos y materiales.....	78
Tabla. 3.6. Costos por arrendamiento de postes.....	80
Tabla. 3.7. Inversión inicial.....	80
Tabla. 3.8. Cálculo de VAN y TIR.....	83
Tabla. 3.10. Estimación de tiempos de instalación red feeder y distribución.....	85
Tabla. 4.1. Información geo codificada a nivel de sectores y manzanas.....	88
Tabla. 4.2. Sectores seleccionados con mayor densidad de viviendas.....	91
Tabla. 4.3. Resumen de elementos pasivos de la red FTTH.....	102
Tabla. 4.4. Asignación de hilos ruta feeder fibra óptica 24h.....	103
Tabla. 4.5. Características ópticas fibra óptica monomodo G.656 y G.657A2.....	105
Tabla. 4.6. Presupuesto óptico.....	108
Tabla. 4.7. Parámetros ópticos ITU G. 989.....	108

RESUMEN

El presente proyecto propone el diseño para la implementación de la red FTTH para el servicio de internet provisto por la empresa IPlanet S.A. en Yaruqui y Tababela mediante la evaluación de estándares PON. Para el desarrollo de este proyecto, primeramente, se profundizan los conocimientos generales relacionados con la fibra óptica, la tecnología GPON, las arquitecturas FTTx, y la normativa para el despliegue de redes físicas de telecomunicaciones, también se realiza una breve introducción a las redes inalámbricas que utilizan Modulación Digital de Banda Ancha, debido a que también es una tecnología que la empresa utiliza para proveer el servicio de acceso a internet.

Para las consideraciones del diseño de la red FFTH se toma como referencia al estándar NG-PON2, a los criterios de diseño de la FTTH COUNCIL, y a los sectores con alta densidad poblacional determinados en las inspecciones del lugar realizadas y de las capturas aéreas del Google Earth. Después se procede con el respectivo análisis económico de la red propuesta de acuerdo a los costos referenciales de los equipos y materiales a ser utilizados, la viabilidad del proyecto es analizada, y finalmente las respectivas conclusiones y recomendaciones del proyecto son realizadas.

Palabras claves: fibra óptica, GPON, FTTH, diseño, normativa, estándar.

ABSTRACT

This project proposes the design for the implementation of the FTTH network for the Internet service provided by IPlanet S.A. in Yaruqui and Tababela through the evaluation of PON standards. For the development of this project firstly deepens the general knowledge related to fiber optics, GPON technology, FTTx architectures, and the normative for the deployment of physical telecommunications networks, also a brief introduction is made to wireless networks that use Digital Broadband Modulation, because it is also a technology that the company uses to provide the Internet access service.

For the considerations of the design of the FTTH network, reference is made to the NG-PON2 standard, to the design criteria of the FTTH COUNCIL, and to the sectors with high population density determined in the site survey made and the aerial captures of Google Earth. After proceeding with the respective economic analysis of the proposed network according to the referential costs of the equipment and materials to be used, the viability of the project is analyzed and finally the recommendations and recommendations of the project are made.

Keywords: optical fiber, FTTH, GPON, design, normative, standard

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La empresa IPlanet S.A. es una empresa que provee servicios de telecomunicaciones en el País a nivel nacional, unas de las principales líneas de negocio es el servicio de acceso a internet a través de medios guiados por enlaces de radio (Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha) como también por medio de fibra óptica.

En la actualidad IPlanet S.A posee infraestructura de telecomunicaciones inalámbrica en varias ciudades del país, y trabaja en proyectos de expansión de su red de fibra óptica para llegar a sectores que actualmente cubren mediante nodos con tecnología inalámbrica, pero debido al crecimiento tanto industrial como poblacional que conlleva al aumento de la demanda de los servicios de internet, las radio bases que actualmente se encuentran instaladas han empezado a congestionarse, por lo que la empresa ha visto la necesidad de implementar redes de fibra óptica para garantizar la continuidad, aumentar la capacidad y mejorar la calidad del servicio de internet que actualmente se oferta.

Planteamiento del Problema

Con la puesta en operación del nuevo aeropuerto de Quito en la parroquia de Tababela, muchas empresas han visto la necesidad de establecerse en este sector y en sus alrededores con el objetivo de crecer, expandir de sus negocios y aportar al desarrollo económico y poblacional de las parroquias aledañas.

Desde este panorama, el servicio de internet que actualmente se brinda en el sector a través de los enlaces inalámbricos se ha visto escaso debido a la falta de capacidad de su canal de transmisión, pues actualmente existe una creciente demanda de servicios que corren a través del

internet, y las redes inalámbricas no satisfacen esta necesidad por sus anchos de banda entre 3 Mbps y 5 Mbps dependientes de la distancia, de factores climatológicos y posibles interferencias electromagnéticas. Por tal razón las redes de FTTH con tecnología GPON son la mejor propuesta para solucionar este tipo de inconvenientes ya que a más de ser inmune a interferencias permiten llegar al usuario final con anchos de banda superiores a 1Gbps. Las redes FTTH son redes de fibra óptica que permiten obtener una mayor cobertura y enlazar a varios usuarios sin la necesidad de disponer elementos activos intermedios; GPON proporciona anchos de banda de hasta 10Gbps para servicios de comunicación y aplicativos de la red.

Justificación

El presente proyecto permitirá mejorar la calidad del servicio provisto por la empresa IPlanet S.A. en las parroquias de Yaruqui y Tababela, debido que al utilizar redes FTTH con tecnología GPON permite entregar a los usuarios finales conexiones con mayor velocidad, estabilidad, además que garantiza el envío y recepción de datos sin interrupciones.

Mejora considerablemente los servicios y la cobertura que oferta la empresa IPlanet S.A. como proveedora de internet, garantiza un mejor servicio a los actuales y a nuevos clientes potenciales que se encuentran en el sector.

Beneficia a los habitantes asentados en las parroquias de Yaruqui y Tababela porque les permite obtener y disfrutar de nuevos servicios y contenidos que se ofertan en internet que no pueden ser proporcionados por la limitada capacidad de los enlaces actualmente instalados.

Objetivo General

Implementar la red FTTH para proveer el servicio de acceso a internet en las parroquias de Yaruqui y Tababela para la empresa IPlanet S.A. mediante la evaluación de nuevos estándares PON (NG-PON2).

Objetivos específicos

- Definir la factibilidad técnica y económica de la red a diseñar.
- Diseñar la red FTTH de las parroquias de Yaruqui y Tababela para el acceso de los usuarios de la empresa IPlanet S.A. bajo el estándar NG-PON2 (ITU-T G.989)
- Realizar los cálculos del presupuesto óptico de la red FTTH.
- Georreferenciar la red FTTH mediante el software Arcgis como requisito para el desarrollo de los formularios establecidos por el ente regulador.
- Desarrollar los formularios establecidos por el ente regulador para la legalización de la red FTTH.

Alcance

Este proyecto realizará el diseño para la implementación de la red FTTH para las parroquias de Yaruqui y Tababela.

Para el dimensionamiento de la red de FTTH se considerarán las zonas altamente pobladas y económicamente activas de las parroquias, en donde se establecen los elementos de la red necesarios para su implementación, de igual manera forma se procederá a realizar el, y los cálculos necesarios para determinar el presupuesto óptico de los enlaces.

Se complementará el diseño de la red FTTH con el ingreso de la información en los formularios establecidos por el ente regulador de acuerdo a la normativa técnica emitida por el mismo.

Descripción de los capítulos

El primer capítulo contiene la información de los diferentes elementos teóricos que forman parte del proyecto, describe los distintos estándares, tecnologías y normativas que se emplean como guía de referencia para el desarrollo del tema.

El segundo capítulo describe las diferentes técnicas de investigación que se emplearon para la obtención de la información, de manera que se obtiene una visión general del estado y condiciones físicas de los sectores en los cuales se implementará el proyecto.

En el tercer capítulo se realiza un análisis de la situación del ancho de banda a nivel global y a nivel de país en general, se evalúa el estándar GPON versus los estándares de nueva generación y se realiza un análisis de la recomendación para el diseño de la implementación del estándar GPON de nueva generación.

El cuarto capítulo explica el desarrollo del proyecto en base al procesamiento de la información obtenida de las diferentes fuentes, se realiza los cálculos del presupuesto óptico y se complementa con el llenado de los formularios de registro de la red física y demás requisitos necesarios para su debido registro ante la ARCOTEL para su posterior puesta en operación de la infraestructura de telecomunicaciones.

Finalmente se realizan las respectivas conclusiones y recomendaciones al proyecto conjuntamente con las fuentes bibliográficas y respectivos anexos.

CAPITULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1. La luz

La luz es una forma de radiación visible que forma parte del espectro electromagnético formada por partículas sin masa denominadas fotones y que se propaga en el vacío mediante ondas. La ciencia que estudia el comportamiento de la luz es la óptica que es una rama de la física. A continuación, la figura 1.1 muestra la clasificación del espectro electromagnético.

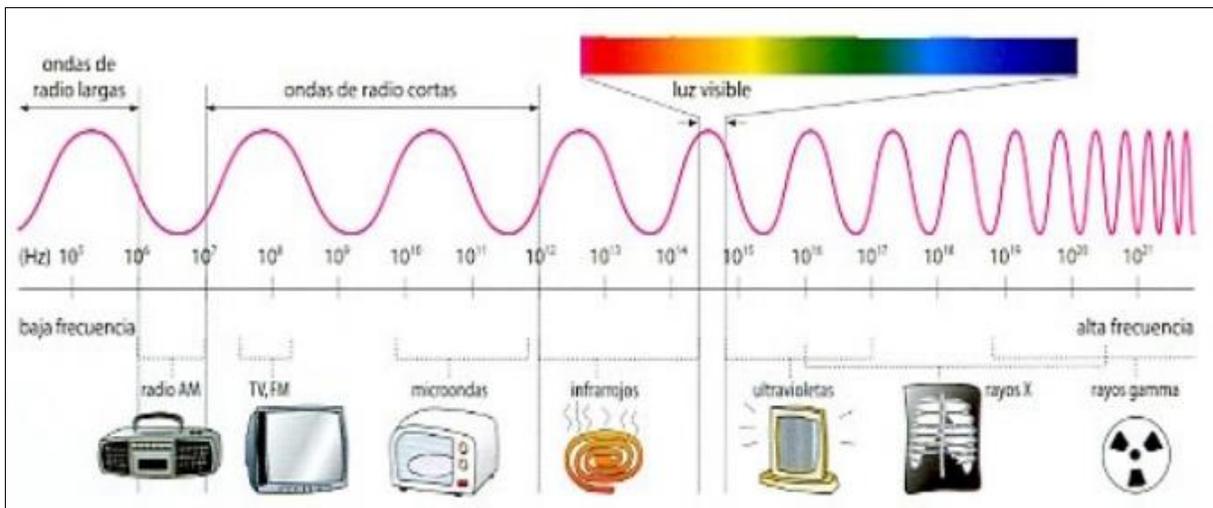


Figura. 1.1. Clasificación del espectro electromagnético

Fuente: (quimicaweb.net, s.f.)

1.1. Propiedades de la Luz

Velocidad en el vacío

La luz en el vacío se propaga en línea recta a una velocidad aproximada de 300000 km/s. esta velocidad no es constante depende de la naturaleza del material por el cual se propaga la luz.

Ley de Snell

Al momento que un rayo de luz atraviesa un límite definido entre dos materiales de distinta densidad conocida también como índice de refracción, se produce un cambio de ángulo del rayo incidente al pasar por el segundo material producto de esta variación del ángulo y de la densidad del material se pueden producir dos fenómenos conocidos como: refracción y reflexión. A continuación, en la figura 1.2 se observa el efecto que produce en la luz al pasar de un material a otro.

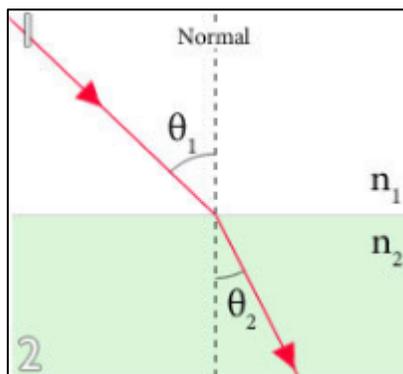


Figura. 1.2. Ley de Snell

Fuente: (Especial comunicaciones ópticas II, Xataca, s.f.)

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\text{sen}\theta_2}{\text{sen}\theta_1} \quad (1)$$

Donde: η_1 y η_2 corresponden a los índices de refracción de los materiales y θ_1 y θ_2 corresponden al ángulo del rayo incidente y al ángulo del rayo refractado.

- **Refracción**

Este fenómeno se produce en el momento que el sentido de la luz cambia de dirección y velocidad al atravesar dos cuerpos de diferente densidad. La figura 1.3 ilustra el efecto de la refracción.

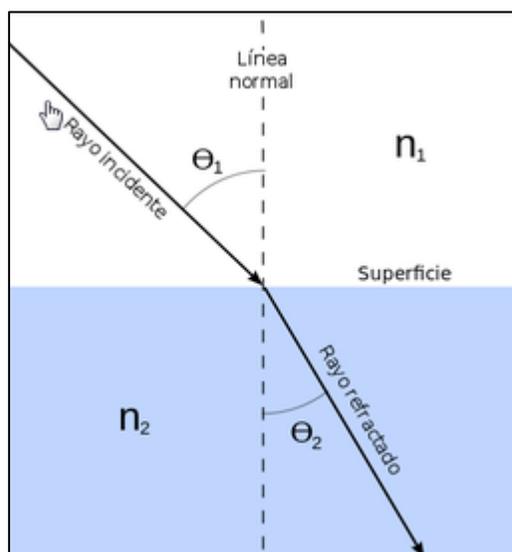


Figura. 1.3. Refracción de la luz
Fuente: (ecured.cu, s.f.)

$$\eta_1 \text{ sen } \theta_1 = \eta_2 \text{ sen } \theta_2 \quad (2)$$

Donde:

n_1 : índice de refracción del medio 1.

n_2 : índice de Refracción del medio 2.

- **Índice de refracción**

Se define como la relación de la velocidad de propagación de la luz en el vacío dividida por la velocidad de propagación de la luz en un medio determinado.

Y viene dada por la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{c}{v} \quad (3)$$

Donde:

η : índice de refracción.

c : velocidad de la luz en el vacío.

v : velocidad de la luz en el medio.

A continuación, en la tabla 1.1 se aprecia algunos índices de refracción para varios elementos comunes.

Tabla. 1.1. Índices de refracción de varios elementos

Elemento	n
vacío	1
aire	1,0003
agua	1,3333
cuarzo	1,5

Fuente: (Elaborado por el autor)

- **Reflexión**

Este fenómeno se produce en el momento que el rayo de luz incide sobre una superficie cambia de dirección, pero sin cambiar el medio por donde se propaga. En la figura 1.4 se ilustra el efecto de la reflexión de la luz.

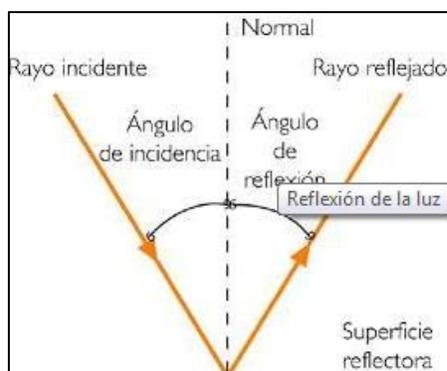


Figura. 1.4. Reflexión de la luz

Fuente: (definicion.de, 2012)

$$\theta_i = \theta_r \quad (4)$$

Donde:

θ_i : ángulo incidente.

θ_r : ángulo reflejado.

Cuando $\theta_i = \theta_r$ Se entiende que produce reflexión total.

- **Ángulo crítico**

El ángulo crítico se lo calcula mediante la ley de Snell y representa el valor mínimo de incidencia que el ángulo del rayo de luz debe tener para producir una reflexión total interna. A

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{\eta_2}{\eta_1}\right) \quad (5)$$

Donde:

η_1 y η_2 : son los índices de refracción de los medios.

- **Reflexión total**

Fenómeno que se produce cuando a cierto ángulo de proyección la luz que se transmite de un material con índice de refracción menor que el índice de refracción que en el que se encuentra no lo atraviesa produciéndose una reflexión total. En la figura 1.5 se aprecia la reflexión total del rayo incidente.

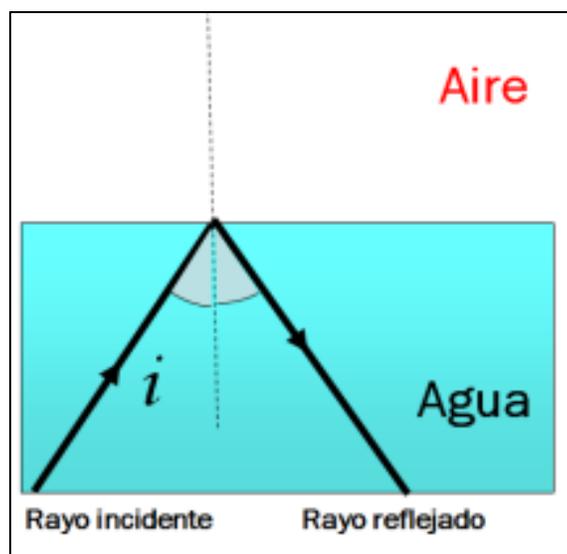


Figura. 1.5. Reflexión total
Fuente: (física.cubaeduca.cu, s.f.)

- **Cono de aceptación**

Los haces de luz pueden ser transportadas a través de la fibra óptica si se encuentran dentro de un ángulo conocido como cono de aceptación por lo que un haz de luz no puede ser transportado por la fibra óptica sino cumple con este parámetro definido en cono de aceptación y que está directamente con los materiales de fabricación de la fibra óptica tal como se lo puede apreciar en la figura 1.6.

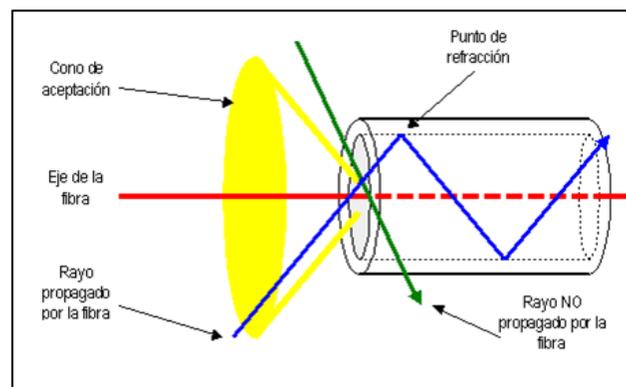


Figura. 1.6. Cono de aceptación

Fuente: (fibropticablog.files.wordpress.com, julio 2014)

$$\text{sen}\theta_{ent} = \sqrt{\frac{\eta_1^2 - \eta_2^2}{n_o}} \quad (6)$$

Donde:

η_0 : índice de refracción del medio exterior.

η_1 : índice de refracción del núcleo.

η_2 : índice de refracción del revestimiento.

- **Apertura numérica**

Este parámetro señala el ángulo máximo de incidencia con la cual toda la luz incidente se propaga a través del interior de la fibra óptica sin que se produzca refracción solo rayo reflejado. Este concepto se utiliza para describir la potencia colectora de luz de la fibra. La figura 1.7 describe a esta característica.

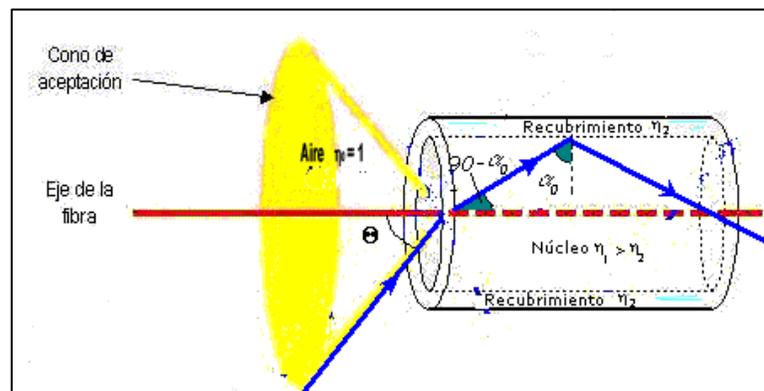


Figura. 1.7. Apertura numérica
Fuente: (lafibraoptica Peru.com, mayo 2015)

$$NA = \sqrt{\eta_1^2 - \eta_2^2} \quad (7)$$

Donde:

η_1 : índice de refracción del núcleo.

η_2 : índice de refracción del revestimiento.

1.2. Ventanas de transmisión

A lo largo de tiempo los sistemas de transmisión por fibra óptica han utilizado diferentes tipos de fuentes de luz, cada uno con diferente longitud de onda o un color determinado. Las

pérdidas de transmisión de la señal óptica que se producen también se encuentran relacionadas al color de la luz, pero existen ciertas regiones del espectro de luz en las cuales la atenuación por kilómetro es pequeña. A estas regiones se las conoce como ventanas de transmisión.

La primera generación de sistemas ópticos de baja pérdida trabaja con longitudes de onda de alrededor de 850 nm, que utilizan láseres GaAs (galio, arsénico) y fuentes led de bajo coste a esta región se la denomino primera ventana. (prored.es, José Luis Martínez, enero, 2019).

Con el incremento de la distancia la primera ventana quedo limitada por el aumento de las pérdidas, para lo cual se desarrolló sistemas con láseres InGaAsP (indio, galio, arsénico, fosforo) que aprovecha el mínimo de pérdida en la región de 1310 nm. A esta región se la denomina segunda ventana y presenta una atenuación más baja con lo cual se logra aumentar la distancia considerablemente. (prored.es, José Luis Martínez, enero, 2019).

La tercera generación utiliza láseres que operan en la región de 1550 nm y que fueron desarrollados para aprovechar la baja atenuación que presenta esta región que es conocida también como tercera ventana. (prored.es, José Luis Martínez, enero, 2019).

En la figura 1.8 se observa las longitudes de onda en las que operan estas ventanas de transmisión y las pérdidas en dB/km que introducen

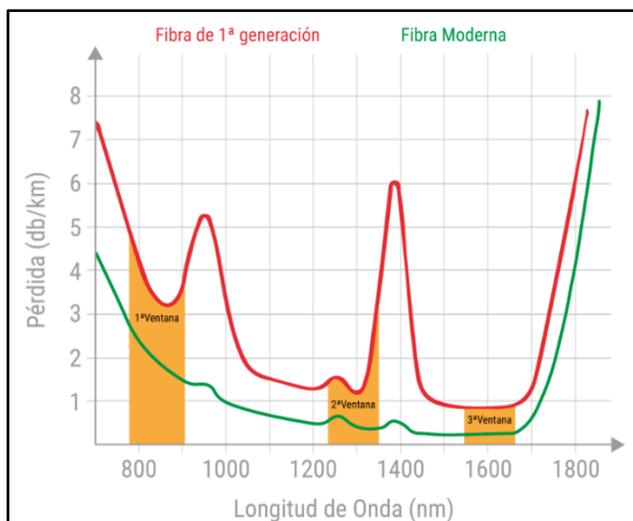


Figura. 1.8. Composición fotodetector APD

Fuente: (prored.es, José Luis Martínez, enero, 2019)

1.2.1. Bandas de transmisión

En la actualidad existen fuentes de luz que operan en diferentes longitudes de onda diferentes desde los 660 nm hasta 1675 nm y también se han creado diferentes bandas intermedias entre estas. La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha definido mediante estándares a las bandas de transmisión recomendadas, las cuales inician desde la segunda ventana. (prored.es, José Luis Martínez, enero, 2019). La tabla 1.2 describe a las diferentes bandas y rangos de longitud de onda de la luz.

Tabla. 1. 2. Bandas de operación y rangos de longitud de onda

Banda	Descripción	Ventana	Rango (nm)	Atenuación (dB(km))
O	Original	Segunda	1260-1360	0,35
E	Extended	" "	1360-1460	0,33
S	Short	" "	1460-1530	0,25
C	Convencional	Tercera	1530-1565	0,19
L	Long	" "	1565-1625	0,21
U	Ultra Long	" "	1625-1675	0,23

Fuente: (CFO, PUCE CAP 1, s.f.)

1.3. La fibra óptica

En la actualidad la fibra óptica es un medio de transmisión muy utilizado en la transmisión de datos debido a la alta capacidad para transportar información y a la inmunidad que presenta hacia fenómenos electromagnéticos, está constituida por varias capas de protección y en cuyo interior se encuentra por un hilo denominado núcleo, que es muy fino de un material transparente de vidrio o plástico por el cual se envían varios haz de luz que significan los datos a transmitir y cuya fuente de luz emisora puede ser un láser o un diodo led. En la figura 1.9 se observa los elementos que la conforman.

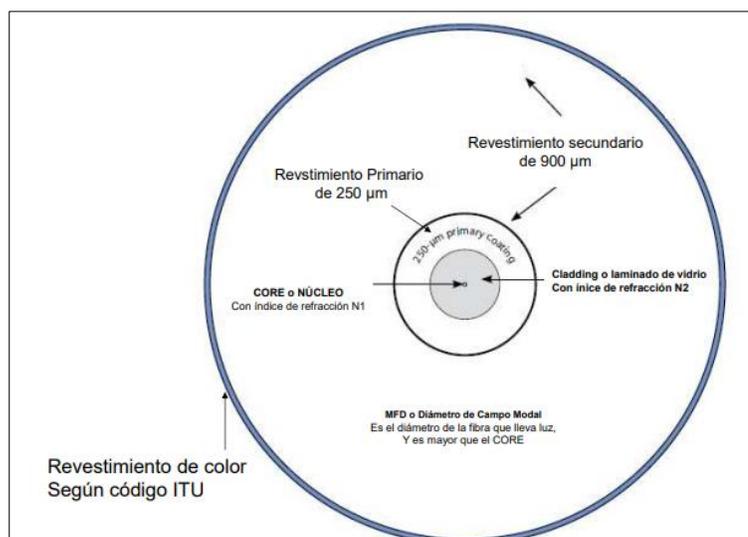


Figura. 1.9. Constitución de la fibra óptica

Fuente: (FTTH council, 2012)

Tipos de fibra óptica

Se puede realizar varias clasificaciones respecto a la fibra óptica, y en general se las clasifica en dos tipos: multimodo y monomodo.

Fibra óptica multimodo

La fibra óptica multimodo permite transmitir varios haz de luz por el mismo núcleo. Los mismos que siguen su propio camino dentro del núcleo, esta característica hace que este tipo de fibra óptica no alcance distancias superiores a los 10 km y sea mucho más económica, debido que para la transmisión de utiliza como fuente de luz a un diodo led. En la figura 1.10 se aprecia el paso de los varios rayos de luz a través de este tipo de fibra óptica.

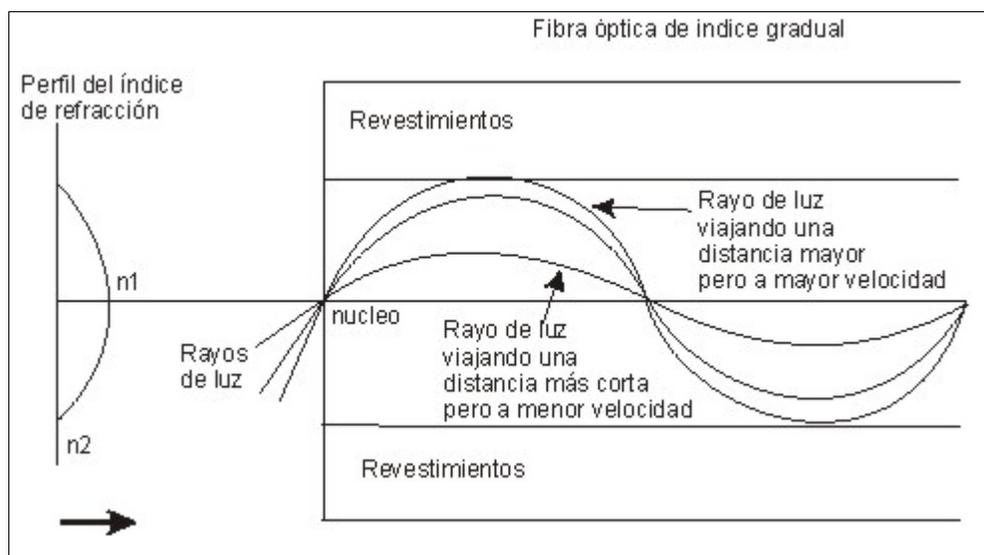


Figura. 1.10. Fibra óptica multimodo

Fuente: (OPTRAL, s.f.)

Fibra óptica monomodo

Esta clase de fibra posee un núcleo bastante reducido lo que permite la transmisión un solo haz de luz, lo que produce que posea un gran ancho de banda y alcance de grandes distancias superiores a los 10 km. Este tipo de fibras utilizan un láser de alta potencia como fuente de luz por lo que su coste es más elevado. La figura 1.11 muestra el funcionamiento de esta clase de fibra óptica.

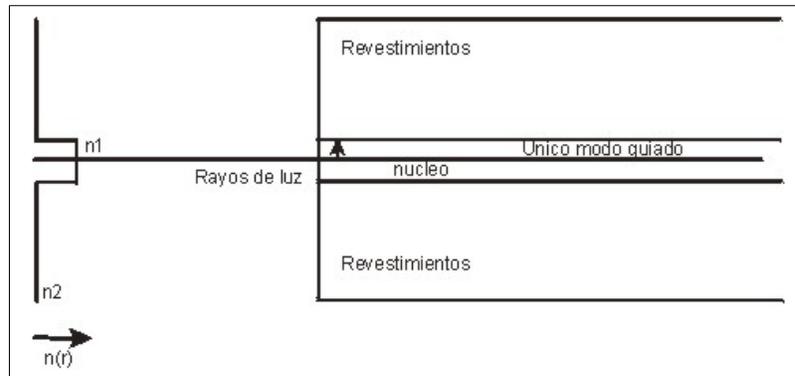


Figura. 1.11. Fibra óptica monomodo

Fuente: (OPTRAL, s.f.)

1.4. Parámetros de transmisión de la fibra óptica

Atenuación

Este parámetro se define como la pérdida o atenuación de la potencia de entrada con relación a la potencia de salida que se produce en el interior de una fibra, debida a las características de fabricación, como también producida por factores externos como: impurezas, geometría de la fibra y defectos del cableado.

El coeficiente de atenuación se define como la atenuación por unidad de longitud en km a cierta longitud de onda.

$$\alpha(\lambda) = \frac{1}{L} 10 \log \frac{P_t}{P_r} \quad (3)$$

1.4.1. Pérdidas intrínsecas

Absorción debida a rayos ultravioleta e infrarrojos

Este efecto se produce por la interacción que generan los fotones al viajar por la fibra junto con las moléculas de sílice que encuentra en su camino, y origina vibraciones en estas.

La absorción producida por los componentes de la radiación ultravioleta de la luz transmitida, disminuye exponencialmente con la longitud de onda y en casi despreciable sobre los 1000 nm. Esta atenuación que es provocada por los rayos infrarrojos genera vibraciones entre los átomos de silicio y oxígeno, que crece exponencialmente con la longitud de onda y no se aprecia a partir de los 1400 nm.

Dispersión de Rayleigh

Este fenómeno de esparcimiento se produce donde la luz encuentra partículas extrañas en su camino a través del medio, cuyo diámetro es mucho menor que la longitud de onda de la señal. Esta difracción resultante provoca la pérdida de energía que decrece exponencialmente con la cuarta potencia de su longitud de onda.

Para evitar este tipo de fenómeno tienen más afectación en longitudes de onda comprendidas entre los 400 a 1100 nm, la utilización de longitudes de onda más altas favorece a la disminución de este efecto. La tabla 1.3 describe las pérdidas producidas por estos dos fenómenos intrínsecos.

Tabla. 1. 3. Pérdidas intrínsecas típicas dB/km

Longitud de onda (nm)	Absorción	Rayleigh
1300	0,05	0,25
1550	0,09	0,15

Fuente: (profesores.frc.utn.edu.ar, s.f.)

1.4.2. Pérdidas de Origen externo

Absorción debida a impurezas

Las impurezas más comunes de encontrar en la sílice de la fibra son: el hierro, cobalto, el níquel y los iones hidroxilo. Las de origen metálico producen una pérdida de 1 dB/km, si su concentración es de una parte en un millón y se pueden reducir al máximo en la fabricación. En cambio, las de hidroxilo no son fácilmente controlables durante el proceso de fabricación de la fibra debido a la presencia de partículas de vapor de agua.

Atenuación por curvaturas

Se produce en el momento que la forma núcleo-revestimiento deja de ser geoméricamente uniforme en los puntos donde la fibra se somete a curvaturas de tendidos o bobinados. La luz se refleja en varios puntos y con ángulos diferentes a los inicialmente calculados por lo que se produce fuga de luz hacia el revestimiento, para efectos prácticos se debe conocer el radio de curvatura mínimo para un cable de fibra óptica.

Atenuación por micro curvaturas

Producto de irregularidades geométricas entre el núcleo y el revestimiento, las variaciones del diámetro, y las sinuosidades del eje de la fibra.

Atenuación por tendido, ambiente y envejecimiento

Al momento de realizar la instalación, la fibra es sometida a cierta fatiga y tensión al momento de realizar la instalación, además de soportar los factores climáticos que contribuyen en gran o menor medida a las pérdidas y a disminuir la vida de la fibra óptica.

A continuación, en la figura 1.12 se expone la atenuación asociadas a las distintas pérdidas.

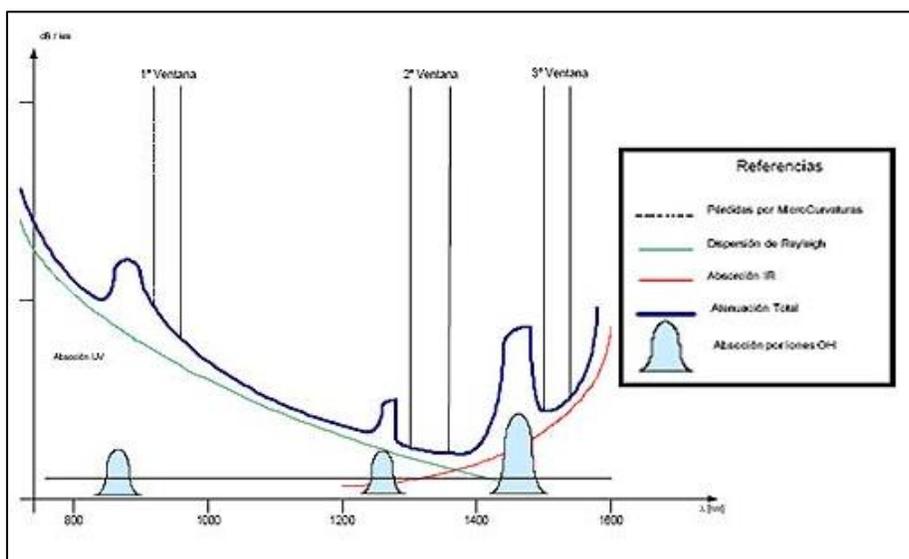


Figura. 1.12. Atenuación en una fibra óptica

Fuente: (sapiensman.com, s.f.)

1.5. Tipos de dispersión

Dispersión modal

Producida por efecto de la dispersión modal en las fibras del tipo multimodo, debido a que los rayos de luz siguen diferentes trayectorias en la fibra de modo que llega a su destino con diferentes tiempos lo que causa el ensanchamiento del pulso. En la figura 1.13 se aprecia el efecto de la dispersión modal.

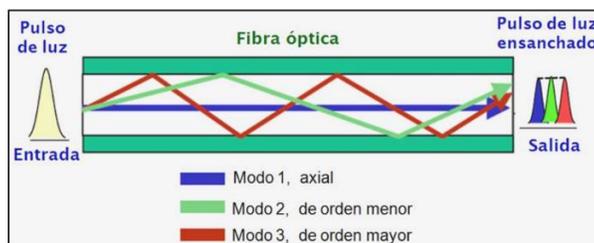


Figura. 1.13. Dispersión modal

Fuente: (comunicaciones ópticas, Edison Coímbra, s.f.)

$$\Delta_t \cong \frac{Z\eta_1\Delta}{c} \quad (8)$$

Donde:

Δ_t : dispersión modal

η_1 : índice de refracción del núcleo.

Δ : diferencias de índice de refracción.

C: velocidad de la luz.

Dispersión cromática

La dispersión cromática resulta de la combinación de dos efectos como son la dispersión del material y la dispersión de la guía de onda, que produce un retardo o deformación espectral del pulso óptico conforme se propaga por la fibra. El valor de este efecto aumenta linealmente con la distancia y se incrementa cuadráticamente con la velocidad.

La dispersión cromática se mide en: ps/(nm*km), lo que indica es que en un pulso con una anchura espectral de un nanómetro se ensanchará en un picosegundo por cada kilómetro que viaja la señal y como se lo describe la figura 1.14.

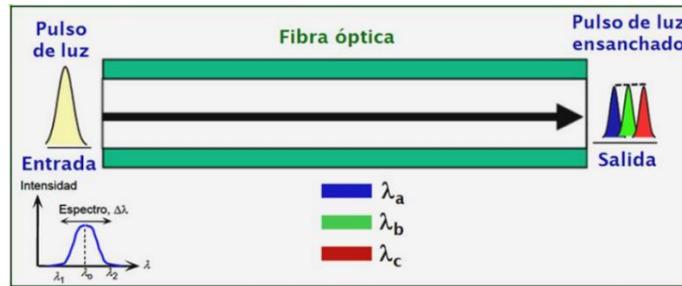


Figura. 1.14. Dispersión cromática

Fuente: (comunicaciones ópticas, Edison Coímbra, s.f.)

$$\Delta_{\tau_{max}} = -\frac{Z}{c} \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \left(\lambda^2 \frac{d^2 n_1}{d\lambda^2} \right) \quad (9)$$

Donde:

$\Delta_{\tau_{max}}$: dispersión cromática

$\Delta\lambda$: ancho espectral de la fuente óptica.

λ : longitud de onda de nominal de la fuente.

Z : longitud de la fibra.

C : velocidad de la Luz.

Dispersión por modo de polarización PMD

Se produce en el momento que las componentes ortogonales denominadas modos de polarización viajan a distintas velocidades y generan distintos tiempos de llegada a su destino. El PMD provoca un ensanchamiento de los pulsos ópticos transmitidos a través de una fibra óptica, provoca la interferencia entre símbolos, por lo cual aumenta la tasa de error BER. La figura 1.15 esquematiza el efecto de la polarización PMD.

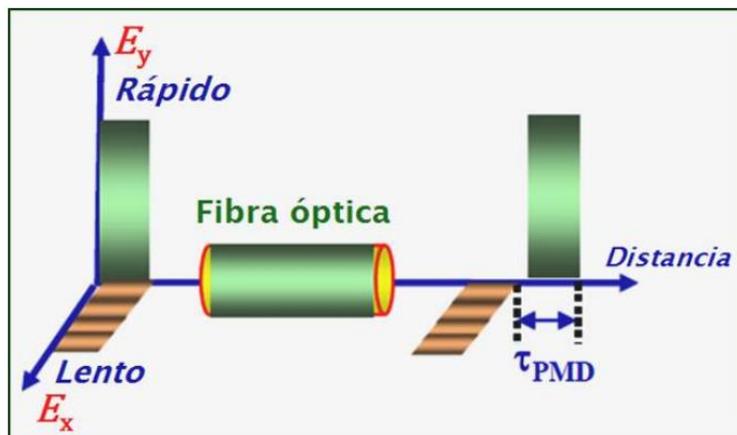


Figura. 1.15. Dispersión PMD

Fuente: (comunicaciones ópticas, Edison Coímbra, s.f.)

$$D_{PMD} = \Delta t = coef_{PMD} * \sqrt{L} \quad (10)$$

Donde:

L : longitud de la fibra óptica

$coef_{PMD}$: coeficiente de la PMD

1.6. Estructura de los cables de fibra óptica

La fibra óptica consta fundamentalmente de un núcleo, un revestimiento y un recubrimiento primario, las fibras ópticas deben alojarse en el interior de los cables para protegerlas y permitir su manipulación durante su instalación y a lo largo de su periodo útil.

Debido a las condiciones ambientales y a los diferentes sitios de instalación que deben soportar en el mercado se pueden encontrar cables de diferente fabricación que protegen a las fibras de los esfuerzos que a los que son sometidas durante su transporte almacenamiento e instalación.

Los cables ópticos se clasifican de acuerdo a su revestimiento secundario, estos pueden ser: de estructura ajustada y holgada tal como se lo puede apreciar en la figura 1.16.



Figura. 1.16. Estructura de los cables de fibra óptica

Fuente (OPTRAL, s.f.)

Estructura ajustada

Los cables de estructura ajustada están constituidos por una capa de material termoplástico denominada buffer, esta capa de material plástico protege a la fibra del esfuerzo mecánico y de la humedad.

Este tipo de cables de fibras ajustadas vienen en diferentes variantes en su diseño de una o dos fibras dentro del mismo buffer rodeado de fibras de aramida y cubiertos por una capa de material termoplástico, al momento de requerir un número mayor de hilos de fibra se los agrupa y se los protege con una cubierta protectora lo que hace más fácil los trabajos de sangrado debido a que no quedan las fibras desprotegidas. La figura 1.17 muestra varios cables de estructura ajustada.

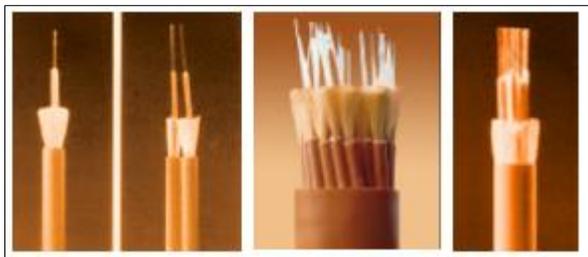


Figura. 1.17. Cables de fibra óptica de estructura ajustada

Fuente: (OPTRAL, s. f.)

Estructura holgada

En este tipo de cables de estructura holgada el elemento característico es un tubo relleno de gel en el cual van embebidas en el interior del mismo las fibras ópticas, las variantes de este tipo de cables pueden fabricarse de varios tubos alrededor de un elemento central o de un único tubo. La figura 1.18 describe la constitución interna de este tipo de cables.

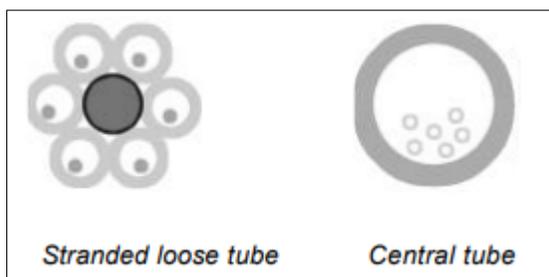


Figura. 1.18. Cables de fibra óptica de estructura holgada

Fuente: (OPTRAL, s.f.)

1.7. Empalmes

Esta técnica es utilizada para unir de manera permanente dos fibras ópticas, por lo general los carretes o bobinas de fibra vienen aproximadamente de 4 km de longitud, y las centrales a

unir sobrepasan esta distancia por lo que se debe acoplar varios de estos bobinados para completar los enlaces.

Existen dos técnicas que son habitualmente utilizadas para unir la fibra óptica, a continuación, se describen cada una de ellas.

1.7.1. Empalme mecánico

Este método utiliza un conector pequeño de forma cilíndrica que alinea las fibras y las asegura mecánicamente, las pérdidas que produce este tipo de empalme son de 0.1 a 8 dB. En la figura 1.19 se ilustra a un empalme mecánico.

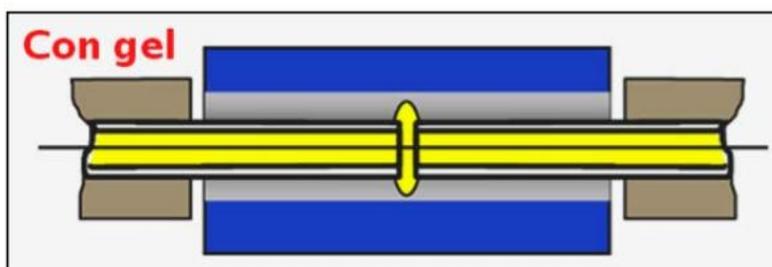


Figura. 1.19. Empalme mecánico

Fuente: (comunicaciones ópticas, Edison Coímbra, s.f.)

1.7.2. Empalme por fusión

Para realizar un empalme mediante esta técnica se necesita de una maquina especial denominada fusionadora, que alinea de forma precisa a las dos fibras y produce un arco eléctrico para soldarlas. Depende de la marca del equipo y de la calidad de la fusión para lograr conseguir pérdidas de 0.1 dB mediante este método, en la figura 1.20 se muestra un empalme por fusión.

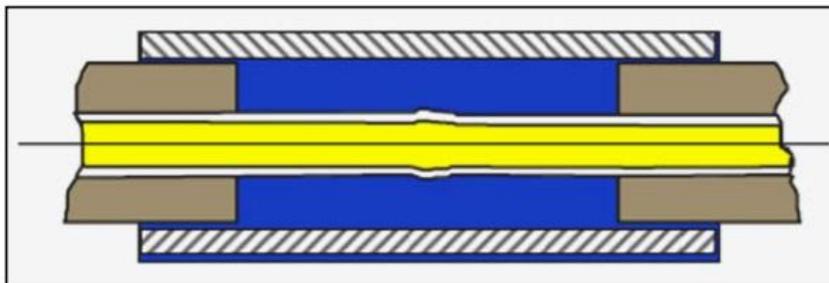


Figura. 1.20. Empalme por fusión

Fuente: (comunicaciones ópticas, Edison Coímbra, s.f.)

1.8. Conectores para fibra óptica

Los conectores de fibra óptica son los elementos encargados de conectar los hilos de fibra óptica con los elementos de transmisión o recepción, se puede encontrar varios modelos de conectores en el mercado, de los cuales a continuación se describen en la tabla 1.4 y en figura 1.21 los de uso recurrente.

Tabla. 1. 4. Tipos de conectores para fibra óptica

Conectores	Terminación	Tipo de fibra óptica	Pérdidas Conectores (dB)
ST	Bayoneta	SM y MM	0,30 – 0,40
SMA	Rosca	MM	0,60
FC/PC	Guía Rosca	SM Y MM	0,20 – 0,15
SC	Push-Pull	SM y MM	0,20 – 0.15

Fuente: (OPTRAL, s.f.)

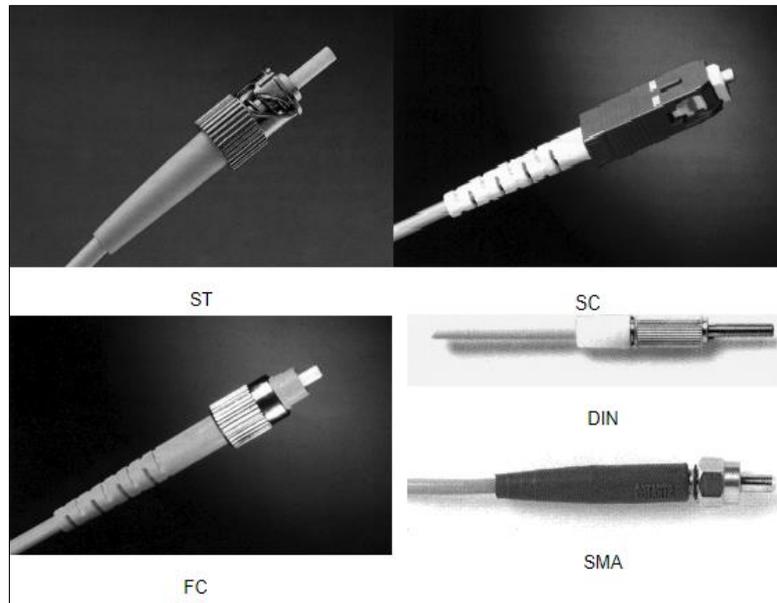


Figura. 1.21. Tipos de conectores para fibra óptica
Fuente: (OPTRAL, s.f.)

1.9. Tipos de pulidos en conectores

El pulido del conector define la forma de la terminación del mismo entre los cuales se encuentran los siguientes tipos de pulidos:

- **Pulido tipo PC**

Se lo utiliza con fibras monomodo y multimodo, el ferrule viene con un repulido esférico convex este tipo de pulido elimina el espacio de aire, lo cual hace que las fibras entren en contacto. La reflexión devuelta es aproximadamente 40 dB.

- **Pulido tipo UPC**

Se lo emplea con fibras monomodo donde las superficies son tratadas por un pulido extendido para una adecuada terminación, mayormente utilizados en sistemas en telefonía, sistemas digitales y CATV la reflexión que retorna es alrededor de 50 dB.

- **Pulido tipo UPC**

Este tipo de pulido presenta una terminación curva y angular en 8° de acuerdo con el estándar de la industria, esto causa que las reflexiones de luz no retornen al núcleo de la fibra por lo que aumenta las pérdidas por retorno alrededor de 60 dB.

La figura 1.22 ilustra los diferentes tipos de pulidos.

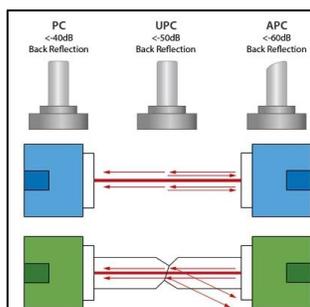


Figura. 1.22. Tipos de pulidos para fibra óptica

Fuente: (fibropticalhoy.com, s.f.)

1.10. Emisores y receptores ópticos

Los componentes emisores de luz para que sean considerados para la transmitir información necesitan cumplir ciertas condiciones:

- deben producir un haz monocromático
- que su radiación pueda acoplar con facilidad a la fibra óptica
- que su potencia se pueda modular por medios electrónicos

- y que su respuesta sea rápida

Los emisores de luz preferidos son los dispositivos opto electrónicos semiconductores que trabajan a frecuencias próximas al infrarrojo concretamente los diodos láser y los diodos emisores de luz. La figura 1.23 muestra a los materiales utilizados en estos dispositivos.

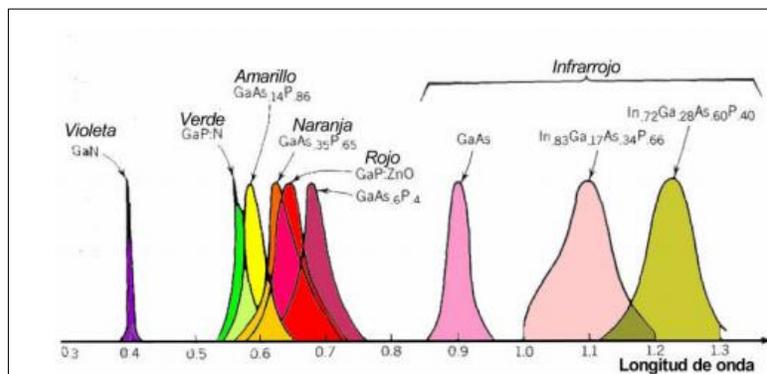


Figura. 1.23. Materiales utilizados en dispositivos opto electrónicos

Fuente: (Manual LCO, s.f.)

Los diodos emisores de luz son dispositivos opto electrónicos económicos que es comúnmente en enlaces de fibra óptica de corta distancia y de ancho de banda moderado, son comúnmente asociados a fibras ópticas multimodo de índice gradual. La luz que es emitida por un diodo led se genera en la propia unión p-n del diodo por recombinación de pares electrón-hueco. Para evitar la pérdida de fotones fácilmente por absorción del material en los leds se reduce a lo más mínimo el espesor de una de las caras o se aumenta el gap en las zonas p y n (doble heteroestructura). (Manual LCO, s.f.).

La figura 1.24 ilustra el esquema empleado en diodos y láser.

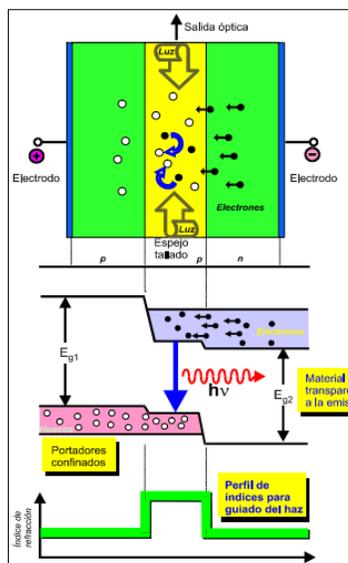


Figura. 1.24. Doble heteroestructura empleada en diodos led y diodos láser

Fuente: (Manual LCO, s.f.)

Los diodos láser son los emisores preferidos para las comunicaciones ópticas a grandes distancias y que se los utiliza en combinación con fibras tipo monomodo.

Un láser en esencia es un diodo led al cual se lo ha acoplado una cavidad resonante, hoy en día se utilizan los láseres de pozos cuánticos formados por una pila de estructuras muy pequeñas. Sus ventajas más sobresalientes son su velocidad y su baja corriente de umbral. (Manual LCO, s.f.). La figura 1.25 expone una comparativa del tamaño de estos dispositivos.

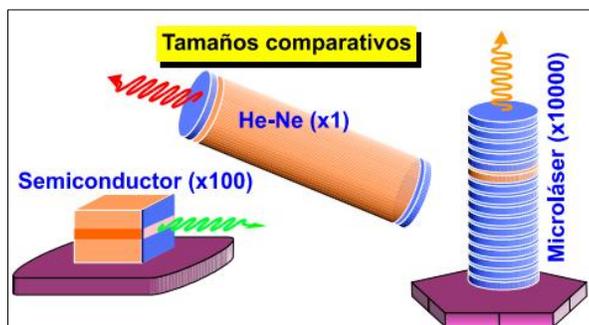


Figura. 1.25. Formas comparativas de un diodo láser de gas, un diodo láser de semiconductor clásico y un micro láser de cavidad vertical

Fuente: (Manual LCO, s.f.)

Un diodo láser a corrientes bajas presenta una actividad lineal, aunque con poca eficiencia de conversión. Al sobrepasar la corriente de umbral presenta un aumento brusco de la potencia de emisión, este efecto se produce al momento que este dispositivo empieza a tener una ganancia óptica o se empieza a comportarse como un láser. En la figura 1.26 se aprecia la constitución interna de un láser.

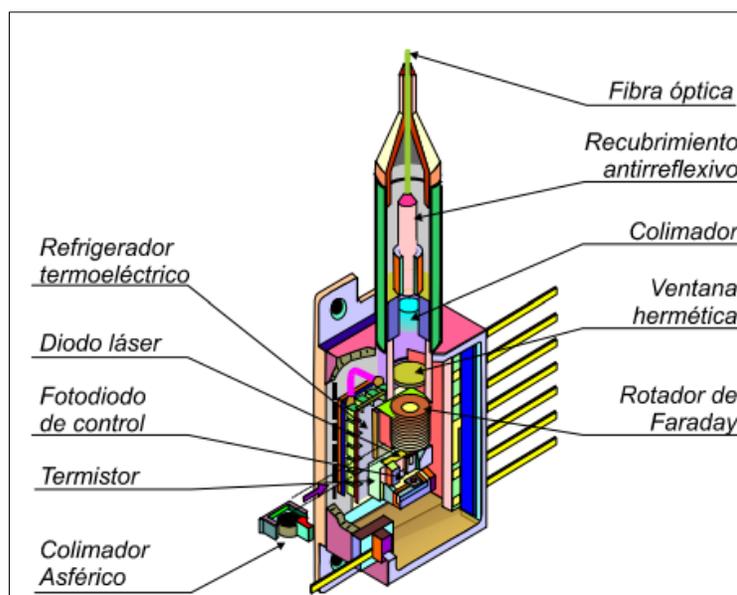


Figura. 1.26. Estructura interna de un diodo láser acoplado a un latiguillo de fibra óptica

Fuente: (Manual LCO, s.f.)

Receptores ópticos (fotodetectores)

Su función es convertir la señal óptica en señal eléctrica y recuperar la información transmitida a través de los sistemas de comunicación óptica. El componente principal del receptor óptico es el fotodetector que convierte la luz en electricidad por medio del efecto fotoeléctrico. (Comunicaciones por fibra óptica, s.f.)

Entre los principales requerimientos de los fotodetectores se encuentran: alta sensibilidad, respuesta rápida, bajo coste, bajo ruido y tamaño compatible con el núcleo de la fibra óptica. Por lo que estos requisitos son cubiertos con fotodetectores que se basan en materiales semiconductores.

Entre los más comunes se encuentran los fotodetectores: PIN Y APD

- **Fotodetector PIN**

Es el más utilizado en los sistemas de comunicaciones ópticas, de fácil fabricación, confiable, de bajo ruido, compatible con circuitos amplificadores de tensión, y altamente sensible a grandes anchos de banda. Este fotodetector está compuesto básicamente de zonas p y n altamente conductoras junto a una zona intrínseca poco conductiva. (fibroptastic92.blogspot.es, julio, 2014). La figura 1.27 ilustra los materiales por los cuales se entra constituido este elemento.



Figura. 1.27. Composición fotodetector PIN

Fuente: (fibroptastic92.blogspot.es, julio, 2014)

Como se observa en la figura 1.28. Los fotones que ingresan en la zona intrínseca generan pares electrón-hueco, polariza inversamente al diodo para acelerar las cargas presentes en esta zona y que se dirigen a los electrodos donde aparecen como corriente.

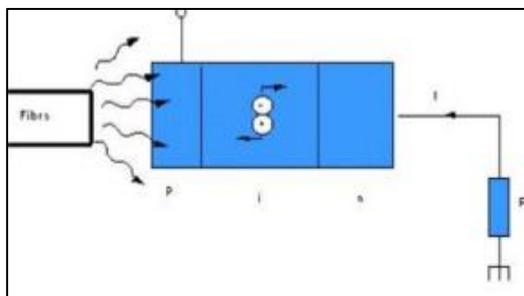


Figura. 1.28. Funcionamiento fotodetector PIN

Fuente: (fibrasoptastic92.blogspot.es, julio, 2014)

- **Fotodetector de avalancha APD**

Los fotodiodos de avalancha APD al igual de los PIN también son polarizados inversamente, pero en estos fotodetectores las tensiones inversas que se generan son altas lo que produce un fuerte campo eléctrico que acelera las cargas generadas que colisionan con otros átomos del semiconductor y produce los pares electrón-hueco. Producto de este impacto se genera la ganancia de avalancha. La figura 1.29 presenta el funcionamiento de este dispositivo.

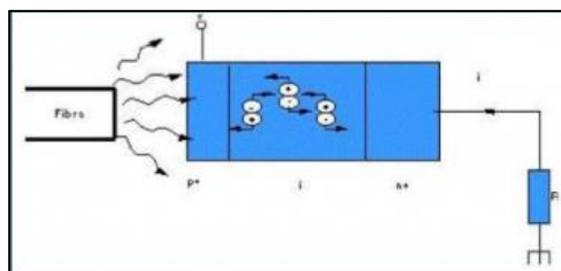


Figura. 1.29. Funcionamiento fotodetector APD

Fuente: (fibrasoptastic92.blogspot.es, julio, 2014)

La ganancia de un APD influye sobre el ancho de banda, por lo que con ganancias elevadas se reduce el ancho de banda debido al tiempo que toma para que se produzca la fotoavalancha.

Este diodo se encuentra formado por una capa intrínseca casi pura de material semiconductor, que es introducida entre la unión de dos capas de materiales semiconductores n y p como se lo aprecia en la figura 1.30.

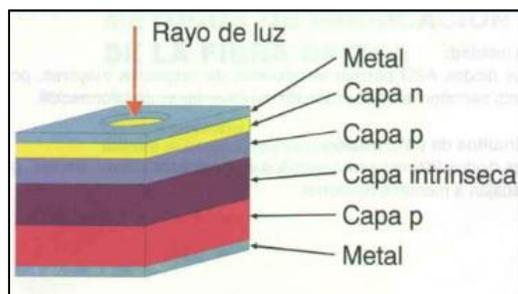


Figura. 1.30. Composición fotodetector APD

Fuente: (fibrasoptastic92.blogspot.es, julio, 2014)

Entre los diodos PIN y APD el primero es el más utilizado como detector de luz en los sistemas de comunicaciones ópticas. En la tabla 1.5 se describen algunas características de los fotodetectores.

Tabla. 1. 5. Características fotodetectores PIN y APD

RECEPTOR	SENSIBILIDAD (dBm)	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (Mbps)	LONGITUD DE ONDA
PIN	-34	2 a 34	1a y 2a ventana
PIN-FET	-53	2	2a y 3a ventana
	-47	34	
APD	-56	2	2a y 3a ventana
	-50	34	

Fuente: (fibrasoptastic92.blogspot.es, julio, 2014)

1.11. Estándares de fibra óptica

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) ha desarrollado varias recomendaciones para los diferentes tipos de fibra óptica. Dentro de la serie ITU-T G.65x se han establecido los diferentes estándares y especificaciones para fibra monomodo y multimodo que refleja la evolución de la tecnología de transmisión óptica.

- **ITU-T G.651**

Normalizó a las fibras multimodo, las cuales permiten la transmisión a través de varios rayos de luz por reflexiones periódicas, se utilizan en redes de corto alcance debido a su alta dispersión.

- **ITU-T G.652**

Define a un tipo de fibra monomodo conocida como estándar diseñada y optimizada para operar con una longitud de onda de dispersión cero cerca de los 1310 nm. Las variantes G.652C y G.652D poseen un pico de agua reducido que les permite operar entre 1310 y 1550 con soporte para CWDM.

- **ITU-T G.653**

Fibra monomodo de dispersión desplazada (DSF) este tipo de fibra presenta un núcleo reducido comparada con la G.652, optimizada para transmisiones de largo alcance con el uso de amplificadores. Diseñada para operar en la ventana de 1550 nm.

- **ITU-T G.654**

Esta fibra óptica monomodo se encuentra diseñada para operar en la tercera ventana, la constitución de su núcleo es de silicio puro lo que le permite soportar mayores niveles de potencia y presenta una atenuación baja, es utilizada mayormente en aplicaciones de cables transoceánicos.

- **ITU-T G.655**

Fibra monomodo de dispersión desplazada no nula, optimizada para operar en la ventana de 1550 nm en la cual la dispersión está cerca de cero. Presenta una cantidad de dispersión cromática controlada y reducida en la banda C, ideal para aplicaciones WDM. (beyondtech.us, octubre, 2017).

- **ITU-T G.656**

Este tipo de fibra monomodo que opera en la tercera ventana de 1550 nm y en las bandas S, C y L, está diseñada para soportar sistemas que operen con CWDM y DWDM sobre el rango de longitud de onda especificado.

- **ITU-T G.657**

Fibra óptica monomodo diseñada para uso en redes de acceso, su diseño permite macro curvaturas sin que la fibra afecte su desempeño. Opera en la segunda ventana de 1310 nm y en la tercera ventana de 1550 nm, y es compatible con el estándar G.652.

1.12. Cálculos ópticos

- **Pérdidas producidas por la fibra óptica**

Las pérdidas asociadas dependen de las características de la fibra óptica a usar y se las obtiene con la ecuación 11.

$$A_{fo} = L * \alpha_{fo} \quad (11)$$

Donde:

A_{fo} : atenuación fibra óptica.

L : distancia del enlace dado en km.

α_{fo} : coeficiente de atenuación dado en dB/km.

- **Pérdidas producidas en los empalmes**

Estas pérdidas dependen del tipo de empalme que se realice mecánico o por fusión y su cálculo se lo realiza con la ecuación 12.

$$A_e = N_e * \alpha_e \quad (12)$$

Donde:

A_e : atenuación empalmes.

N_e : número de empalmes realizados.

α_e : coeficiente de atenuación de los empalmes.

- **Pérdidas producidas por conectores**

El valor de atenuación que insertan los conectores se encuentra estandarizada con valor de 0.3 dB, a continuación, se utiliza la ecuación 13 para calcular las pérdidas.

$$A_c = N_c * \alpha_c \quad (13)$$

Donde:

A_c : atenuación conectores.

N_c : número de conectores utilizados.

α_c : coeficiente de atenuación de los conectores.

- **Margen del sistema**

Para obtener este valor se utiliza la ecuación 15 en base a la potencia de entrada y la sensibilidad del receptor.

$$M_s = P_{rx} - S_{rx} \quad (14)$$

Donde:

M_s : margen del sistema.

P_{rx} : potencia de rx.

S_{rx} : sensibilidad del equipo.

- **Balance del sistema**

El siguiente cálculo de potencia permite analizar si los equipos bajo los parámetros establecidos en la recomendación para NG PON2 soportarán la señal óptica a ser transmitida en el sistema, además de conocer si con estos parámetros se cubre la distancia del mismo.

El balance de potencia se determina con la ecuación 15.

$$P_{RX} = P_{TX} - \alpha_{total} \quad (15)$$

Donde:

P_{RX} = máxima sensibilidad de recepción del equipo.

P_{TX} = potencia mínima del transmisor.

α_{total} = pérdida total del enlace.

- **Longitud máxima del enlace óptico**

Es importante determinar la longitud máxima que pueden alcanzar los enlaces sin regeneración de la señal y que no deberán sobrepasar dicho valor en el despliegue de la red.

A continuación, la inecuación 16 muestra el cálculo para obtener la distancia máxima.

$$D \leq \frac{(P_{min} - S_r - M_G) - (At_{s1} + At_{s2}) - (N_e * A_e) - (N_c * A_c)}{A_{fo}} \quad (16)$$

Donde:

P_{min} = potencia mínima del transmisor.

S_r = sensibilidad del receptor.

M_G = margen de guarda.

At_{s1} = atenuación splitter de primer nivel (1:4).

At_{s2} = atenuación splitter de segundo nivel (1:16).

A_e = atenuación empalmes.

N_e = número de empalmes.

A_c = atenuación conectores.

N_c = número de conectores.

A_{fo} = atenuación fibra óptica (dB/km).

- **Atenuación total del enlace**

Para determinar este valor se toma en cuenta a todos los elementos que introducen pérdidas en el enlace que incluye a la fibra óptica. La ecuación 17 muestra el cálculo que se realiza:

$$A_t = A_{fo} + At_{s1} + At_{s2} + N_e * A_e + N_c * A_c \quad (17)$$

Donde:

A_t : atenuación total.

A_{fo} : coeficiente de atenuación de la fibra óptica.

At_{s1} : atenuación splitter de primer nivel (1:4).

At_{s2} : atenuación splitter de segundo nivel (1:16).

N_e : número de empalmes.

A_e : atenuación empalmes.

N_c : número de conectores

A_c : atenuación conectores.

1.13. Ventajas y desventajas de la fibra óptica

1.13.1. Ventajas

- Permite la transmisión de grandes cantidades de información debido a sus grandes anchos de banda en comparación al cobre.
- Presenta inmunidad a la interferencia eléctrica ya que es un material dieléctrico no conduce electricidad lo hace inmune a las interferencias electromagnéticas y otros efectos no deseados como el ruido que se presentan en las líneas de cobre.
- Los cables al estar constituido por hilos de fibra óptica que son sumamente pequeños disminuyen su peso y considerablemente el calibre de los mismos.
- Disminuye el error de las comunicaciones pues presentan tasas de error (BER) de 10^{-9} en comparación a los cables coaxiales 10^{-6} .
- Presentan mayor seguridad a nivel físico y de datos que los cables de cobre ya que al no circular electricidad no es necesario conexiones a tierra y al ser un núcleo de cristal no es fácil la extracción de la señal como se produce con los cables de cobre.

1.13.2. Desventajas

- Se requiere de equipo especial para realizar la unión de los hilos de fibra óptica.

- No se permite realizar dobleces con radios de curvatura muy cerrados debido a que la luz viaja a través del cable y produce reflexiones en su interior lo que puede producir la pérdida de la señal. La figura 1.31 indica el efecto que produce una curvatura excesiva en la fibra óptica.

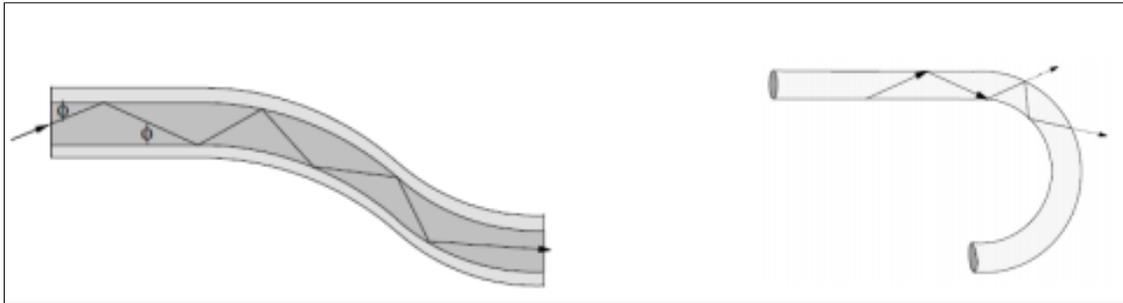


Figura. 1.31. Reflexiones de luz debido a curvatura excesiva de la fibra óptica

Fuente: (Comunicaciones ópticas, Luis Milla León, 2011)

- Inversión inicial elevada en su implementación debido que se necesita de equipos especiales y mano de obra calificada para su despliegue.

1.14. Redes de Fibra óptica

Básicamente a las redes de fibra óptica se las clasifica en dos grupos: activas y pasivas.

1.14.1. Activas

Conocidas como AON (Active Optical Network) o denominadas como Active Ethernet, proveen velocidades de transmisión simétricas superiores a 1 Gbps por puerto, y una sola fibra que utiliza dos longitudes de onda multiplexadas en cada fibra óptica. Lo que permite tener por cada longitud de un slot para la transmisión y otro para la recepción, este tipo de redes se basan en el estándar IEEE 802.ah.

La figura 1.32 describe el funcionamiento de este tipo de redes.

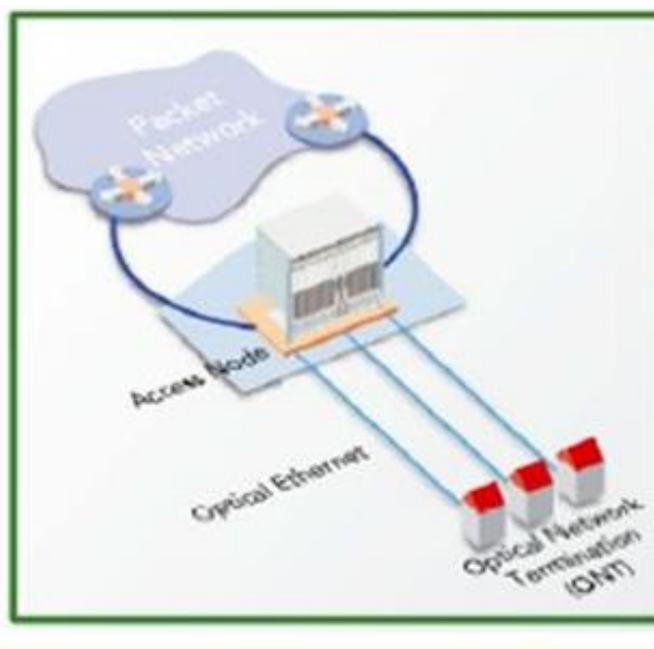


Figura. 1.32. Esquema red óptica activa

Fuente: (Redes ópticas activas y pasivas, mayo 2011)

1.14.2. Pasivas

Este tipo de redes también conocidas como redes PON (Passive Optical Network) no utilizan componentes de potencia intermedios entre el usuario final y el punto principal de distribución, Utilizan una topología de punto a multipunto similar a una arquitectura de árbol. Para dividir la señal transmitida utiliza divisores ópticos pasivos por lo general para 32, 64 o 128 abonados, los tipos más comunes de redes PON son Gigabit PON (GPON) y Ethernet PON (EPO). (Tipos de redes ópticas, David Ortal, abril 2011). En la figura 1.33 se puede apreciar el modo de funcionamiento de este tipo de redes.

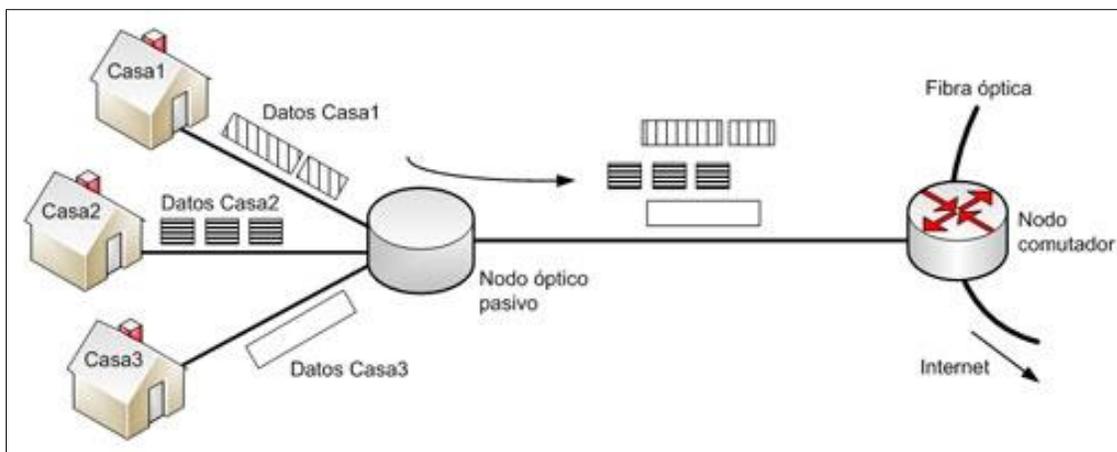


Figura. 1.33. Esquema red óptica pasiva

Fuente: (Redes ópticas activas y pasivas, mayo 2011)

1.14.3. Componentes de las redes PON

Los principales componentes de una red óptica pasiva son:

Optical Line Terminal (OLT)

La OLT o terminal de línea se encarga de recibir los datos del proveedor de servicios y enviar los datos a las ONT (terminales de red óptica). Además, obtiene los datos de las ONT y los reenvía al proveedor. (SSS GROUP, s.f.).

En la Figura 1.34 se observa el chasis de un equipo OLT.

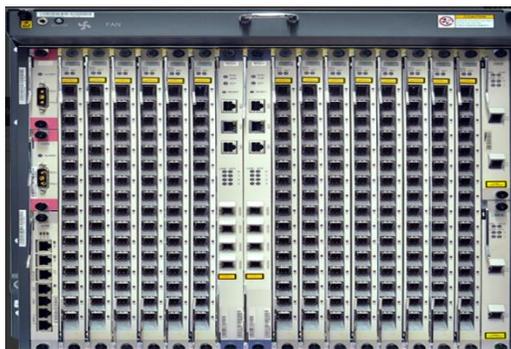


Figura. 1.34. OLT modular Huawei Smart AX**Fuente: (Huawei support, s.f.)**

Optical Network Terminal (ONT)

Las ONT y unidades de red óptica (ONUs) conectan a los abonados con la red PON, además proporcionan interfaces de cobre rj 45 para conectar equipos y otros dispositivos de la red LAN del abonado. En la figura 1.35 se aprecia a un equipo ont común del mercado.

**Figura. 1.35. ONT Huawei serie Echolife****Fuente: (Huawei support, s.f.)**

Divisores ópticos (Splitters)

Los divisores ópticos pasivos o comúnmente denominados splitters son los elementos pasivos de la red que permiten que las señales ópticas que viajan a través de una fibra puedan ser distribuidas a otras varias fibras ópticas. Un solo hilo de fibra conectado a la OLT puede distribuirse y conectar a varias ONUs que dependerá de las recomendaciones seguidas. (M. Castelli, JP Fosatti, M. Camacho, C. Chakelson, 2009).

Los splitters se implementan en forma de cascada, y con relación 1: N donde N corresponde al número de salidas del splitter y el resultado de esta división se traduce en una reducción en la potencia de la señal de entrada. La figura 1.36 muestra a un splitter de 8 salidas.

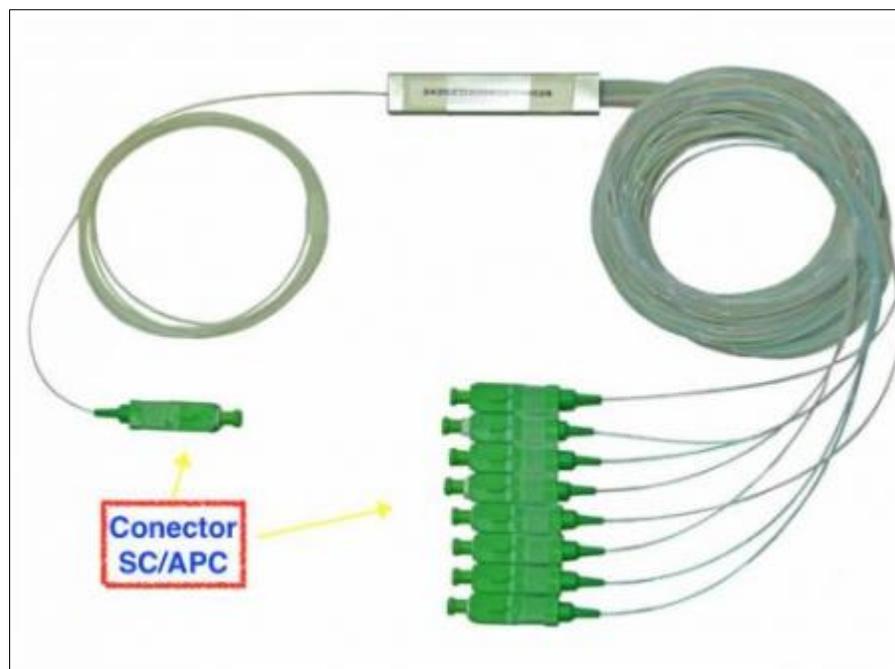


Figura. 1.36. Estructura del splitter 1x8

Fuente: (FTTH, lo que debes saber, mayo 2011)

La Tabla 1.6 describe las pérdidas que insertan por estos elementos.

Tabla. 1.6. Pérdidas de inserción de splitters

Relación de Split	Pérdida de inserción (dB)
1:2	3,6
1:4	7,2
1:8	11
1:16	14
1:32	17,5

Fuente: (M. Castelli, JP Fosatti, M. Camacho, C. Chakelson, 2009)

La figura 1.37 muestra el esquema general de una red PON.

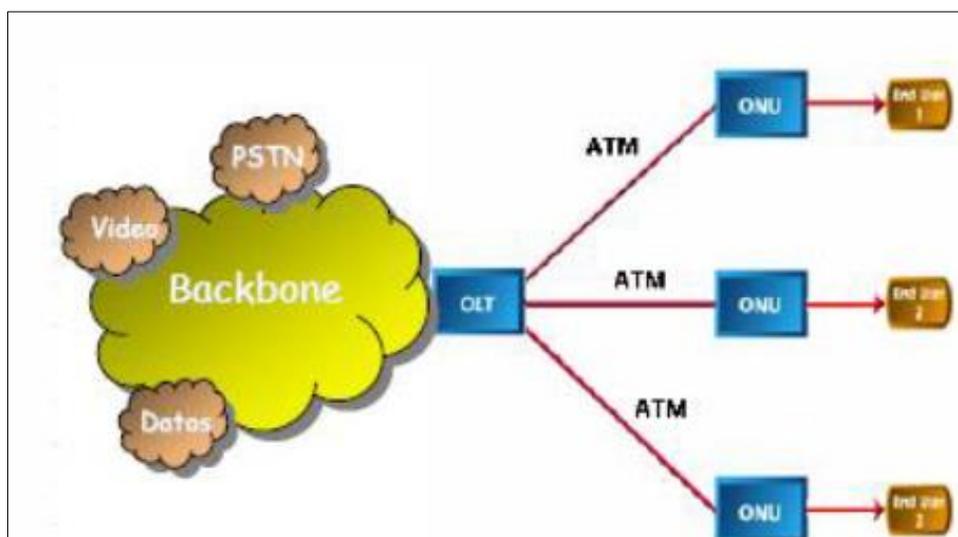


Figura. 1.37. Arquitectura básica de una red PON

Fuente: (Tecnologías de redes PON, Juan Sebastián Guevara Henao, s.f.)

1.14.4. Estándares PON

APON (Redes Ópticas Pasivas)

Las redes ópticas pasivas ATM se encuentran definidas en el estándar ITU-T G.983, fue el primer estándar desarrollado para redes PON con una tasa de transferencia de 155 Mbps. Los

sistemas APON trabajan con el protocolo ATM como portador y se adecua para distintas tecnologías de acceso como por ejemplo FTTx. En la figura 1.38 se ilustra una red APON.

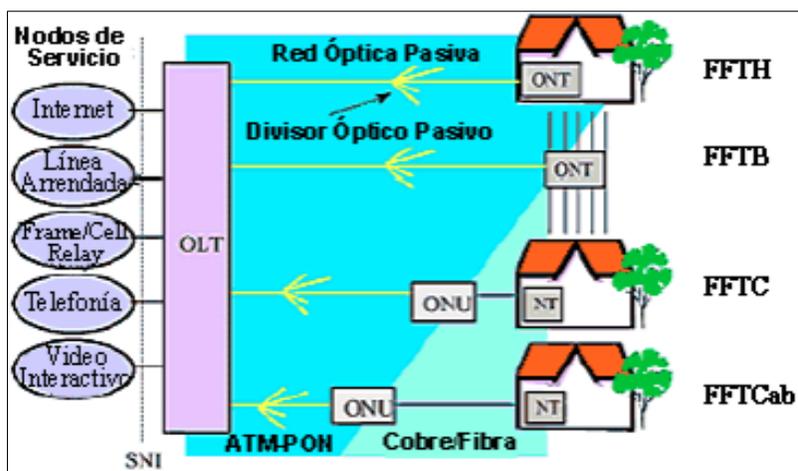


Figura. 1.38. APON sobre arquitecturas FT Tx

Fuente: (Tecnologías de acceso de banda Ancha y su integración con ATM, Alexei Blanco, s.f.)

BPON (Redes Ópticas Pasivas de Banda Ancha)

La arquitectura BPON nació como una mejora a las redes APON que amplía su ancho de banda que permite integrar y obtener acceso a más servicios como Ethernet, VPL, entre otros.

Las Broadband-PON se definen en varias versiones del estándar ITU-T 983, las cuales van desde la G. 983.1 hasta las G.983.8. La recomendación G. 983.1 de B-PON define velocidades de transmisión simétricas. Poco después esta recomendación se revisó con el objetivo de aumentar la velocidad de transmisión en canales asimétricos de 155 Mbps de subida y 622 Mbps de bajada.

La revisión G. 983.2 se enfoca a la capa de gestión y mantenimiento, el QoS se define en la recomendación G. 983.3, asignación de ancho de banda dinámico G. 983.5, mecanismos de control G. 983.6, G. 983.7 gestión de la red y G. 983.8 para brindar soporte al protocolo IP.

GPON (Gigabit-Capable PON)

Es una tecnología perteneciente a PON de la familia de recomendaciones de la ITU G. 984, el objetivo principal de GPON es ofrecer velocidades superiores a las de sus predecesoras que logra mayor eficiencia en el transporte de servicios con base en el protocolo IP.

Las velocidades ofrecidas por este estándar alcanzan tasas de hasta 2.488 Gbps con la posibilidad de ofrecer velocidades simétricas, los fabricantes de equipos con tecnología GPON ofrecen velocidades de 2.488 Gbps para el Downlink y 1.244 para el Uplink.

GEPON (Gigabit-Ethernet PON)

Es una arquitectura que combina tecnologías Gigabit-Ethernet y Pasive Optical Network, que facilita en gran medida llegar hasta el abonado con fibra óptica ya que los equipos de acceso son más económicos debido a que poseen interfaces Ethernet. La figura 1.39 ilustra la arquitectura de estas redes.

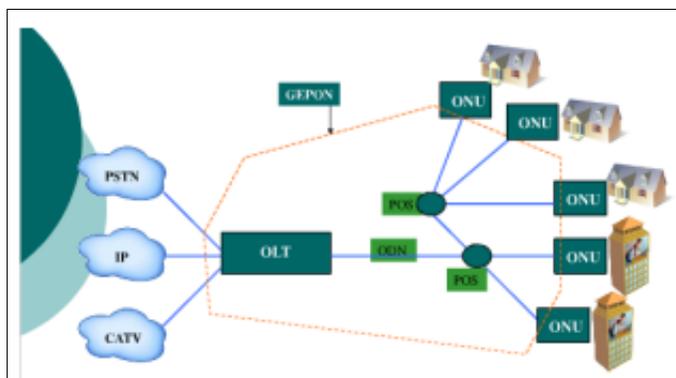


Figura. 1.39. Arquitectura básica de redes GEPON

Fuente (Tecnologías de redes PON, Juan Sebastián Guevara Henao, s.f.)

EPON (Ethernet PON)

Es el estándar desarrollado por un grupo de la IEEE, este sistema se basa principalmente en el transporte de tramas Ethernet y no enfocado en el transporte de celdas ATM que resulta en muchos casos ineficiente. EPON se apega al estándar IEEE 802.3 y trabaja con velocidades de Gigabit. La velocidad que llega hacia los usuarios finales dependerá del número de ONTs que se conecten a la OLT, la gestión y administración se fundamenta en el protocolo SNMP lo que facilita la gestión de otros sistemas como se lo puede apreciar en la figura 1.40.

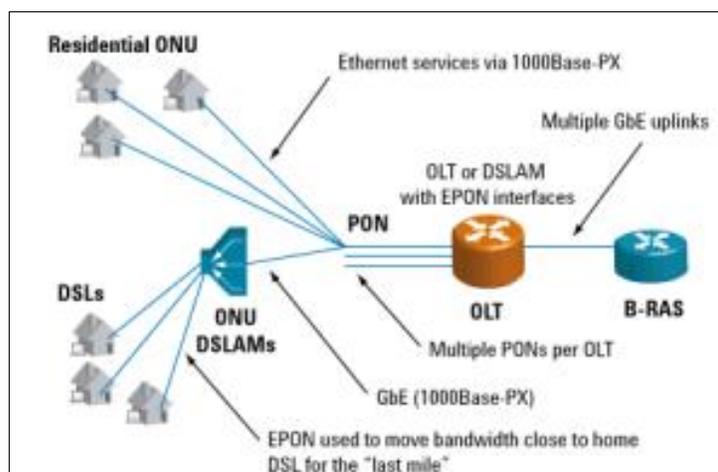


Figura. 1.40. Arquitectura básica de una red EPON

Fuente (Tecnologías de redes PON, Juan Sebastián Guevara Henao, s.f.)

La tabla 1.7 describe las características de las principales tecnologías PON.

Tabla. 1.7. Comparativa principales tecnologías PON

Características	ITU-T BPON	ITU-T GPON	ITU-T EPON
Tasa de Tx (Mbps)	Downlink: 1.244, 622, 155	Downlink: 2.488, 1.244	Downlink: 1.250
	Uplink: 622, 155	Uplink: 2.488, 1.244, 622, 155	Uplink: 1.250
Codificación	NRZ (+ scrambling)	NRZ (+ scrambling)	8b/10b
Nivel de Split	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)	1:32
Distancia máxima	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)	20 km
Estándar	Serie ITU-T G.983.x	Serie ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes

CAPITULO 1 FUNDAMENTACION TEORICA

Soporte vídeo RF	No	Sí	No
Eficiencia típica (depende del servicio)	83% <i>downstream</i>	93% <i>downstream</i>	61% <i>upstream</i>
	80% <i>upstream</i>	94% <i>upstream</i>	73% <i>downstream</i>
Eficiencia típica (depende del servicio)	PLOAM + OMCI	PLOAM + OMCI	Ethernet OAM (+SNMP opcional)
OAM	<i>Churning</i> o AES	AES	No definida

Fuente: (Consultoría Estratégica en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Ramón Millán, 2018)

XG PON

Esta versión de GPON se encuentra definida por el estándar ITU G.987 ofrece velocidades superiores a los de su predecesora, alcanza tasas de transmisión de 10Gbps para el Downlink y 2.5Gbps en el Uplink y la capacidad de coexistir en la misma fibra que GPON debido a que utiliza la ventana de 1578 nm como lamda de bajada y para la lamda de subida la ventana de 1270 nm. XG PON ofrece llegar a 20 km con un margen óptico de 20 dB que puede ser ampliado hasta los 30 km y con una relación hacia los usuarios de 1:128. La figura 1.41 muestra el esquema de una red XG PON.

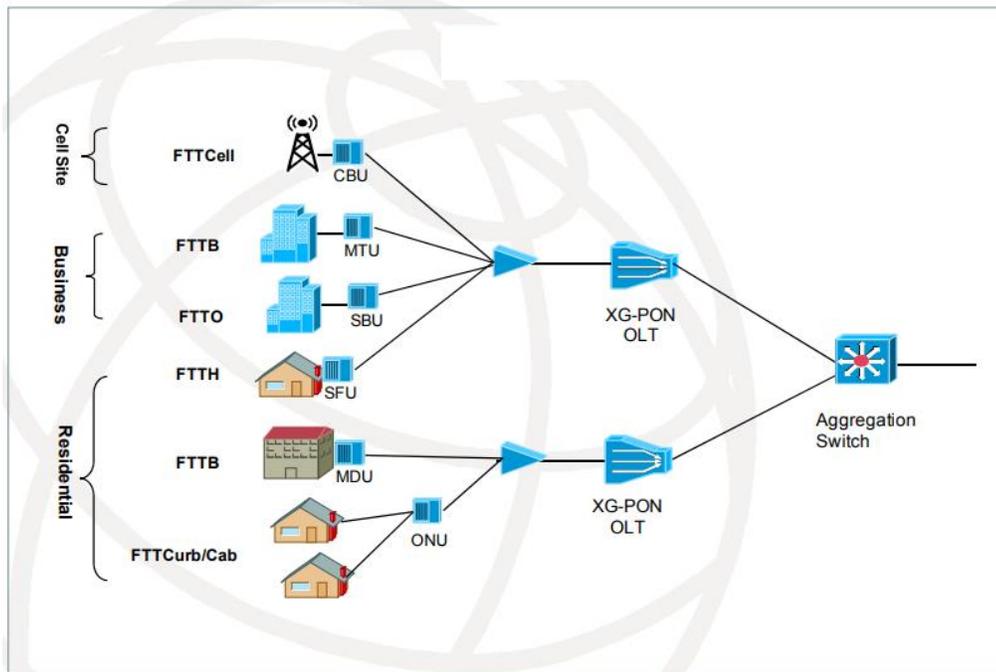


Figura. 1.41. Arquitectura con XG-PON

Fuente: (Optical Access Transmission, ITU-T, 2009)

NG PON2

Estandarizado por la ITU mediante el estándar ITU-T G.989. Este estándar permite la convergencia de múltiples servicios de red sobre una simple ODN, lo que resulta en un ahorro significativo para los propietarios de las redes, al mismo tiempo que permite la introducción de nuevas arquitecturas que se ajustan eficientemente para atender la demanda de los clientes.

NG PON2 utiliza multiplexación por longitud de onda y tiempo (TWDM) y soporta un mínimo de cuatro longitudes de onda en cada fibra haciéndolo el primer estándar multilambda de la industria. Cada lambda por cada fibra puede entregar hasta 10 Gbps simétricos, combina cuatro longitudes de onda y se puede obtener hasta 40 Gbps y en un futuro será posible combinar hasta ocho longitudes de onda para entregar 80 Gbps. En la figura 1.42 se aprecia el funcionamiento de una red NG PON2.

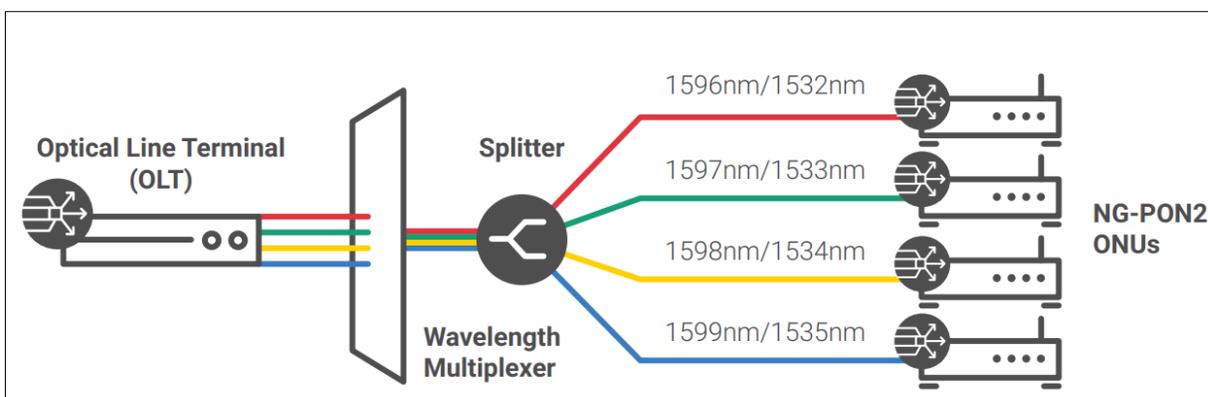


Figura. 1.42. Esquema de OLT NG PON2 conectada a las ONUs con láser sintonizables

Fuente: (Calix Technical Brief, s.f.)

A la ventaja del aumento de la capacidad NG PON2 tiene otras tres ventajas a favor sobre otras tecnologías PON:

- La administración de capacidad bajo demanda habilita un nuevo servicio oportunidades de entrega y mejoras de equilibrio de carga.
- Se pueden usar múltiples longitudes de onda para gestionar la capacidad de PON. A medida que crece la utilización, la capacidad de PON se puede redistribuir fácilmente con nuevos canales encendidos y unidades de red óptica (ONU) cambiadas a diferentes longitudes de onda, sin afectar la entrega de los servicios existentes.
- Soporte de ocho longitudes de onda punto a punto superpuestas que pueden ser usadas para servicios dedicados tales como: negocios empresariales, enlaces de backbone, etc.

Estas modificaciones se pueden hacer de forma instantánea, mediante cambio y asignación bajo demanda de la capacidad, con lo cual permite nuevos servicios de hora del día y mantiene el equilibrio de carga. Recursos físicos dentro de la red de acceso podrá satisfacer las necesidades dinámicas de suscriptores, sin intervención humana. (Calix Technical Brief, s.f.). La figura 1.43 ilustra la capacidad de administración que dispone esta tecnología.

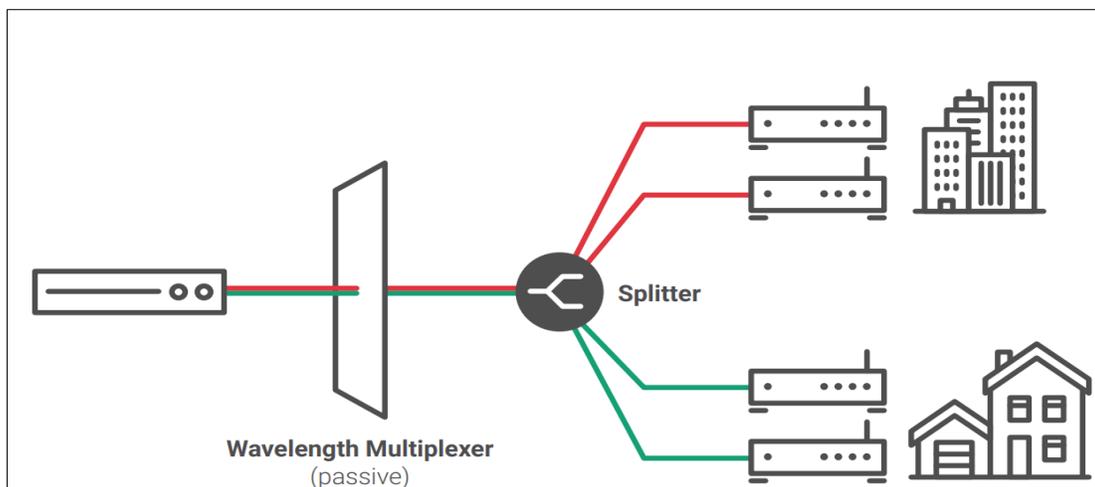


Figura. 1.43. Administración de capacidad bajo demanda

Fuente: (Calix Technical Brief, s.f.)

Cuando se migra de GPON a NG PON2 existen dos inversiones primarias que se necesita realizar:

- Nuevas ONUs con láser sintonizable, que pueden ser programadas en diferentes canales o diferentes longitudes de onda, filtros y receptores que sean compatibles con divisiones de longitudes de onda.
- Nuevos módulos ópticos que sean compatibles con las divisiones de longitudes de onda al igual que las ONUs

En el mercado existen filtros que permiten la coexistencia de GPON y NG PON2. La figura 1.44 muestra la coexistencia de NG PON2 con otras tecnologías.

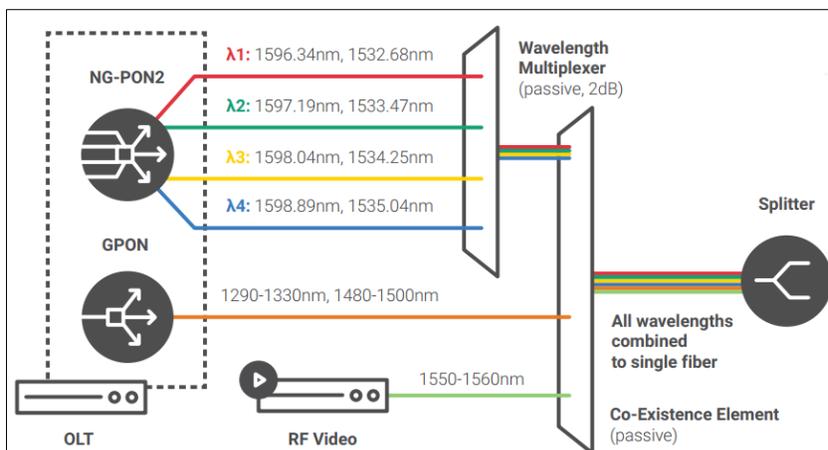


Figura. 1.44. GPON coexistencia con NG PON2

Fuente: (Calix Technical Brief, s.f.)

Arquitectura de Redes FTTx

Constituyen un tipo de redes de acceso, las cuales conectan a un gran número de usuarios finales a través de fibra óptica a un nodo central o también conocido como nodo de acceso. Cada nodo de acceso contiene la parte electrónica activa necesaria para proporcionar servicios o aplicativos a los suscriptores, estos nodos de acceso a su vez se encuentran conectados a redes de fibra metropolitanas o redes más grandes.

Las variaciones de las arquitecturas para redes de acceso FTTx son posibles de acuerdo al número de fibras, la ubicación de los divisores, generalmente no existe una preferencia hacia una arquitectura FTTx específica pues este tipo de redes se adaptan a las diferentes prioridades técnicas de los operadores y de los negocios.

FTTH (Fiber to the Home)

Cada abonado está conectado por una fibra independiente a un puerto en el equipo de acceso o a un divisor a un divisor óptico, usa una fibra alimentadora compartida hacia el equipo de acceso que proporciona velocidades de transmisión que provee capacidades de Gigabit para Ethernet o tecnología GPON (Ethernet PON) para el caso de topologías punto a multipunto.

FTTB (Fiber to the Building)

Los operadores instalan una caja de terminación óptica en el subsuelo de los edificios, esta caja está conectada por medio de una fibra dedicada en el puerto del equipo de acceso o a un divisor óptico por medio de una fibra de distribución compartida hacia el equipo de acceso. La red interna entre los abonados y el switch dentro del edificio puede no ser por medio de fibra óptica, pero puede involucrar tecnologías que se basan en cobre e involucrar algún tipo de transporte Ethernet.

FTTC (Fiber to the Curb)

Cada conmutador o divisor de acceso, a menudo se encuentra en un armario, está conectado al equipo de acceso a través de una sola fibra óptica o un par de ellas, lleva todo tráfico del vecindario a través de una conexión Gigabit o 10 Gigabit. Los equipos switch en el armario de la calle suelen no ser de fibra, pero puede ser generalmente de cobre con VDSL2. A esta la arquitectura a veces se denomina "Ethernet activa" ya que requiere elementos de red activos en el campo.

FTTDp (Fiber to the Distribution Point)

Esta solución ha sido propuesta en los últimos años. Consiste en conectar al equipo de acceso al punto de distribución a través del cable óptico y luego desde el punto de distribución hacia el usuario final a través de la infraestructura de cobre existente. Los puntos de distribución pueden ser ubicados en las aceras, postes o en el sótano de un edificio, fue diseñada para una corta milla, normalmente menos de 250 m. La figura 1.45 ilustra a los tipos de arquitecturas FTTx.

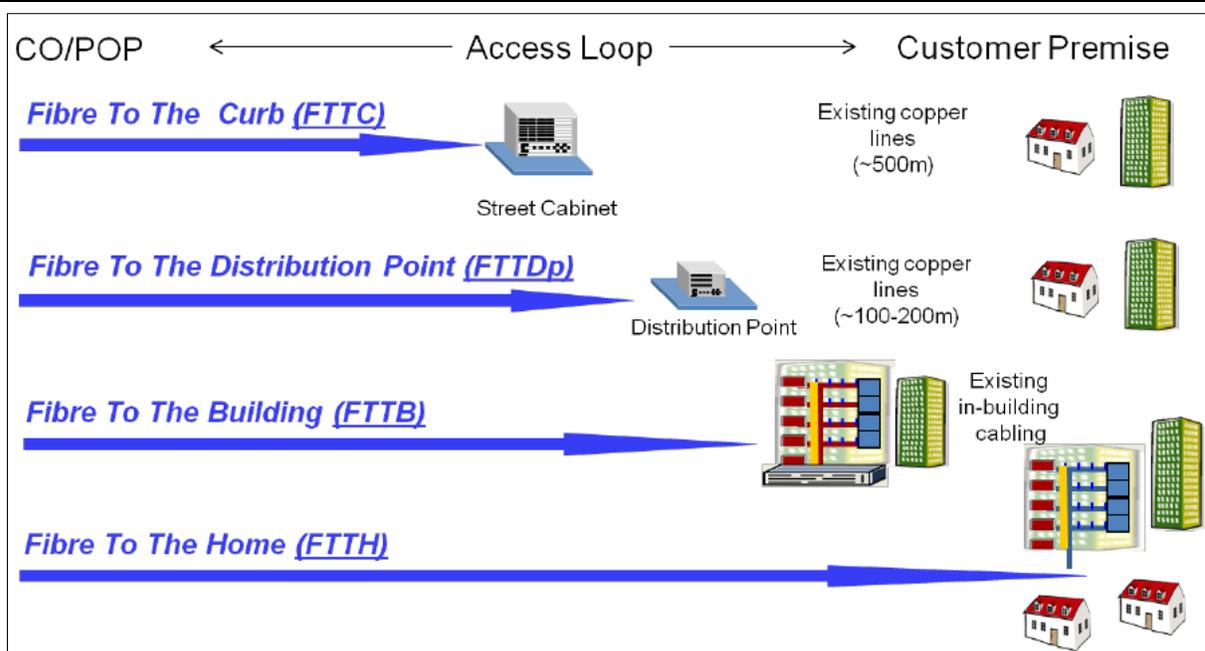


Figura. 1.45. Tipos de arquitecturas FTTX

Fuente: (FTTX Handbook, 2017)

Topologías y Tecnologías FTTH

La arquitectura de red se refiere al diseño de una red de comunicación y proporciona un marco para la especificación de la red desde los componentes físicos hasta los servicios. La sección de red de acceso es la parte de la red de comunicaciones que se conecta directamente a los usuarios finales.

Para especificar el funcionamiento de la infraestructura pasiva y activa, es necesario hacer una diferenciación clara entre las topologías utilizadas para el despliegue de la red de fibra óptica (elementos pasivos) y las tecnologías que se usan para transportar datos a través de las fibras (el equipamiento activo). Las dos topologías comúnmente implementadas son de punto a multipunto, que combina tecnología de red óptica pasiva (PON), y topología punto a punto, que normalmente usa tecnologías de transmisión Ethernet (convertor de medios). (FTTH Handbook, 2017). La figura 1.46 describe los tipos de topologías posibles para FTTH.

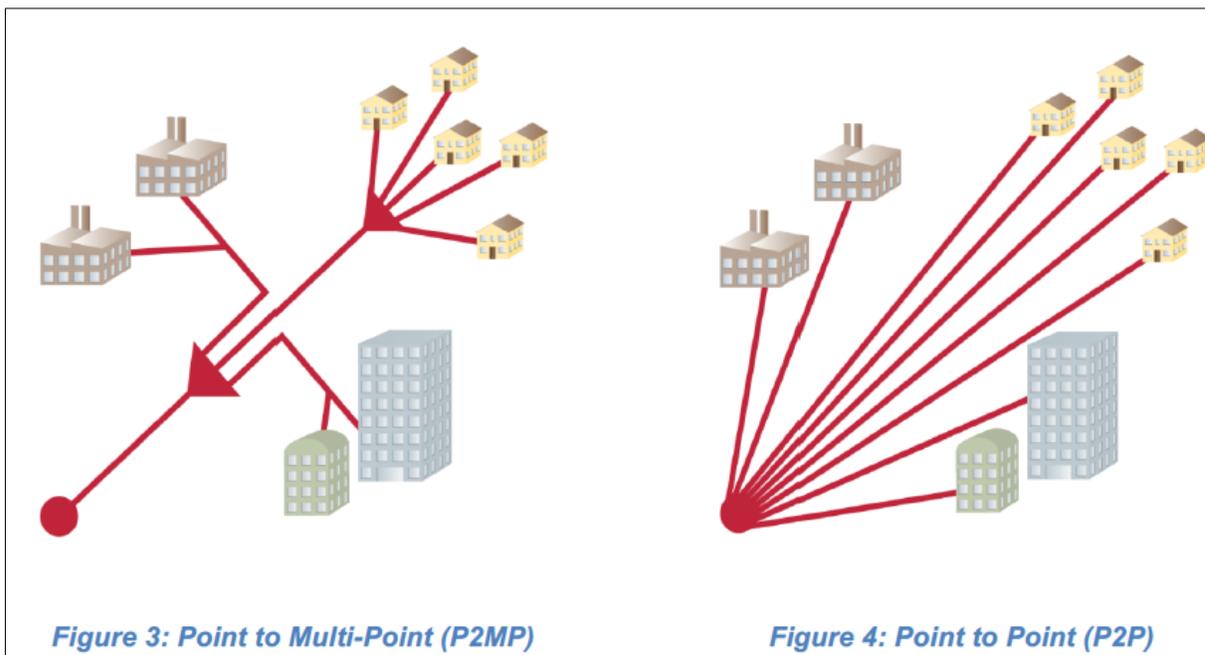


Figura. 1.46. Topologías FTTH

Fuente: (FTTX Handbook, 2017)

1.6. Marco Regulatorio

La regulación ecuatoriana que rige al sector de las telecomunicaciones contempla varios ámbitos legales, técnicos y económicos que obligan a los prestadores de servicios públicos de telecomunicaciones, como también a los operadores de redes privadas a acatar dichas disposiciones enmarcadas en la constitución, en la ley orgánica de Telecomunicaciones, así como también de las diferentes normas y reglamentos que se derivan de estas.

Para el diseño de la red de fibra óptica se enfocará en la “Norma Técnica para el Despliegue y Tendido de Redes Físicas Aéreas de Servicios de Telecomunicaciones, Servicios de Audio y Video por Suscripción (Modalidad Cable Físico) y Redes Privadas”.

El objetivo que busca la norma es la de regular el tendido y despliegue de las redes físicas de telecomunicaciones de todas las empresas que prestan sus servicios de telecomunicaciones, al igual que a las empresas que poseen infraestructura privada que utilizan medios físicos como: fibra óptica, coaxial o par de cobre para transmitir información.

La norma contempla los aspectos técnicos de la instalación, ordenamiento, empaquetado, etiquetado de los cables, de los elementos activos y pasivos utilizados para el tendido e instalación de las redes físicas aéreas.

A continuación, se observa un diagrama esquemático de la ubicación en la instalación de los elementos de las redes físicas de Telecomunicaciones en los postes.

En las figuras 1.47 y 1.48 se ilustra las distancias en los postes para la instalación de los cables elementos de las redes de telecomunicaciones.

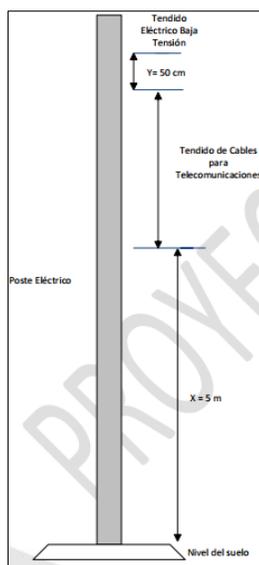


Figura. 1.47. Esquema de instalación de los cables de Telecomunicaciones

Fuente (Norma Técnica para el despliegue y Tendido de Redes Físicas Aéreas. ARCOTEL, 2017)

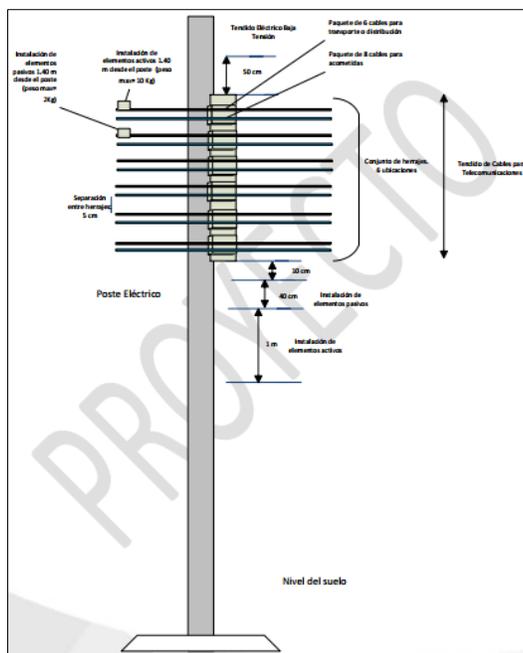


Figura. 1.48. Esquema de instalación de elementos activos y pasivos de las redes físicas de Telecomunicaciones
Fuente: (Norma Técnica para el despliegue y Tendido de Redes Físicas Aéreas. ARCOTEL, 2017)

Para las reservas de cables no se está permitido dejar reservas tipo rollo, las reservas de los cables de las deben de dejar en forma de figura 8 y cada 500 metros como se lo puede apreciar en la figura 1.49.

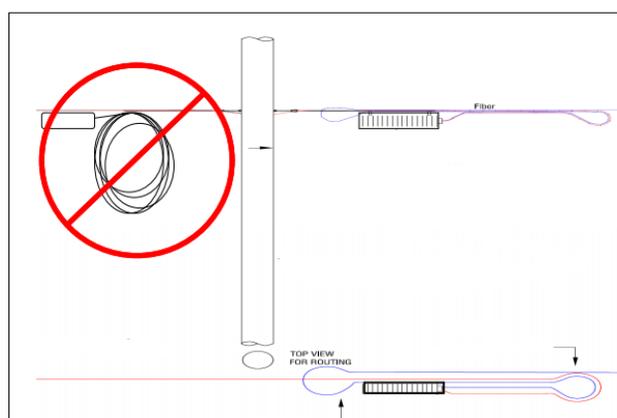


Figura. 1.49. Reserva de cables tipo figura 8
Fuente: (FTTH council, s.f.)

El artículo 20 de la norma establece la obligación a los poseedores tanto públicos como privados de redes físicas áreas la entrega de la georreferenciación de sus redes de forma semestral en base a los formatos establecidos por el ente regulador, para lo cual su página web institucional ha subido la información necesaria de las diferentes capas de objetos necesarios para la entrega de la georreferenciación de las redes.

En la figura 1.50 se observa la información necesaria para georreferenciar las redes.



The image shows a screenshot of a webpage with the following content:

- Geo referenciación y soterramiento de redes físicas de telecomunicaciones**
- 2 de enero de 2018 - 12:37 pm
- Tiempo de lectura: menos de 1 minuto | No. de palabras: 49 | 04824 visitas
- Compartir, Twitter, Imprimir, Enviar
- ▶ [Ver Instructivo Georeferenciación](#)
- ▶ Ver Resolución Georeferenciación: [Resolución ARCOTEL 2017-0584](#) y [Resolución ARCOTEL 2017-1125](#) y [Resolución ARCOTEL 2018-0361](#)
- ▶ [Formato](#)
- ▶ [Consultas sobre el instructivo de Georeferenciación](#)
- ▶ [Postes](#) (92.142 KB)
- ▶ [Luminarias](#) (52.156 KB)
- ▶ Tutorial ARGIS MAP
- [Inicio Información Base](#)
- [Ingreso ArcGisMap](#)
- [Presentación Mapas](#)
- [Creación Puntos Tramos](#)

Figura. 1.50. Información para georreferenciación de redes de Telecomunicaciones

Fuente: (ARCOTEL, 2018)

De la misma manera el ente regulador ha desarrollado la metodología y los estilos para representar a los diferentes elementos y cables utilizados en el tendido de las redes de telecomunicaciones como se lo aprecia en las figuras 1.51 y 1.52.

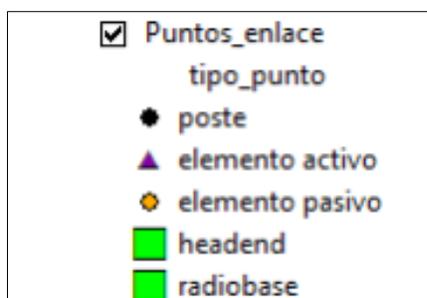


Figura. 1.51. Representación de elementos para georreferenciación de redes de Telecomunicaciones

Fuente: (Instructivo de Georreferenciación. ARCOTEL, 2018)

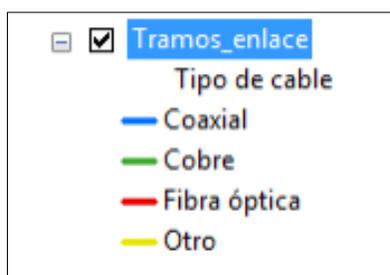


Figura. 1.52. Representación de los cables para georreferenciación de redes de Telecomunicaciones

Fuente: (Instructivo de georreferenciación. ARCOTEL, 2018)

El Reglamento emitido para la Prestación de Servicios de Valor Agregado de Acceso a Internet (SAI) establece que para la modificación o ampliación de la infraestructura de Telecomunicaciones del prestador deberá solicitar al ente regulador, previo a la operación de dicha infraestructura el respectivo registro de las modificaciones o ampliaciones para lo cual la ARCOTEL ha dispuesto los respectivos formularios técnicos de ampliación y/o modificación de la infraestructura de acceso a internet.

A continuación, se exponen los formularios el contenido de los formularios técnicos:

- FO-CTDS-01 (DATOS DE INFORMACIÓN GENERAL PARA LA MODIFICACIÓN O AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL TÍTULO HABILITANTE PARA SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET).
- FO-CTDS-02 (DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE COBERTURA, NODOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS Y EQUIPAMIENTO).

- FO-CTDS-03 (DESCRIPCIÓN DE ENLACES DE CONEXIÓN INTERNACIONAL).
- FO-CTDS-04 (DESCRIPCIÓN DE ENLACES DE RED DE TRANSPORTE).
- FO-CTDS-05 (DESCRIPCIÓN DE ENLACES DE RED DE ACCESO).

CAPITULO 2

MARCO METODOLOGICO

2.1. Metodología de la investigación

A continuación, se describen los procedimientos que se utilizaron para la recopilación de la información, que es el pilar fundamental en el respectivo análisis demográfico, social y económico de los sectores para el despliegue de la red FTTH, así también cierta parte de la investigación sirve con la finalidad de determinar la existencia o carencia de la infraestructura necesaria en el tendido de la red con lo cual ayuda a mejorar el diseño.

2.1.1. Encuesta

Mediante este método se pretende analizar el índice de penetración y la calidad del servicio de internet en los distintos sectores. Actualmente el número de habitantes de las parroquias de Yaruquí y Tababela al 2018 de acuerdo a los resultados de la última encuesta Censal de Población y Vivienda con proyección al 2020, asciende a 24840 personas, con la formula estadística (1) se puede obtener el número de muestras necesarias para realizar el análisis de la investigación. Los resultados obtenidos muestran que para esta población de debe realizar 165 encuestas.

$$n = \frac{z^2(p*q)}{e^2 + \frac{(z^2(p*q))}{N}} \quad (4)$$

2.1.2. Investigación bibliográfica

Se realiza la consulta de información sobre los estándares PON y el despliegue de redes FTTH, características, ventajas, desventajas, métodos de multiplexación, aplicativos, entre otro,

de manera que permita ampliar el campo del conocimiento y realizar un diseño adecuado de la red FTTH que garantice una vida útil de aproximadamente 20 años con el uso de las actuales y futuras tecnologías.

2.1.3. Investigación de campo

Este método permite obtener una visión general y evaluar las condiciones de los elementos de la infraestructura física de telecomunicaciones para el despliegue de la red FTTH, (vías, postes, áreas soterradas, canalizaciones, herrajes), debido a que las condiciones iniciales del sistema vial se ha modificado por regulaciones del gobierno central y por ende también ha afectado a los elementos aéreos que soportan a las líneas de energía y de telecomunicaciones y en ciertas partes estos elementos han sido desinstalados para dar paso a áreas soterradas por lo que se debe realizar visitas a campo para determinar las mejores alternativas de vías en el despliegue de la red.

CAPITULO 3

PROPUESTA

Para el diseño de este proyecto, se inicia primeramente con una sección en donde se muestra la planificación, la búsqueda de la información, a partir del análisis de la misma servirá en el diseño de la red FTTH, tanto en la planta externa (red PON), como en la cabecera FTTH. Posteriormente se realiza una comparativa entre el estándar PON actualmente instalado frente a dos estándares PON de nueva generación. Al finalizar se realizará el respectivo cálculo del presupuesto óptico con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de la red proyectada.

3.1. Levantamiento y análisis de la información.

En el desarrollo del proyecto se han realizado varias actividades con la finalidad de recopilar la mayor cantidad de información entre las actividades que se realizó comprenden las siguientes:

- Visita al Instituto de estadísticas y Censos
- Visita en sitio a los sectores de interés para el despliegue de la red
- Utilización de herramientas de cartografía digital (Google Earth, Arcmap) y diferentes fuentes de información.

A continuación, en la figura 3.1 y 3.2 se observa una toma aérea en la cual se ha delimitado por polígonos de diferente color a las parroquias de interés: Tababela y Yaruquí.

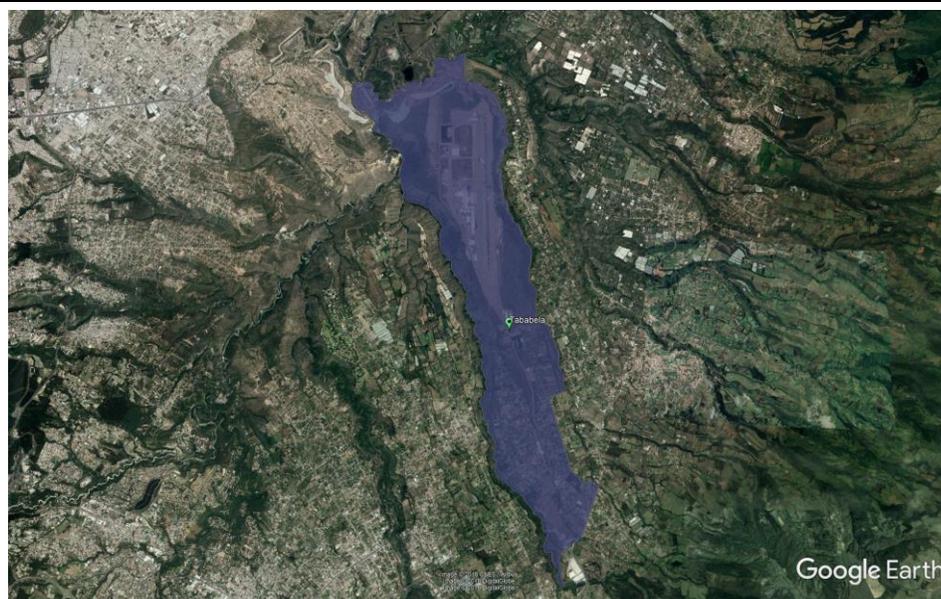


Figura. 3.1. Vista área de la Parroquia de Tababela

Fuente: (Elaborado por el autor)

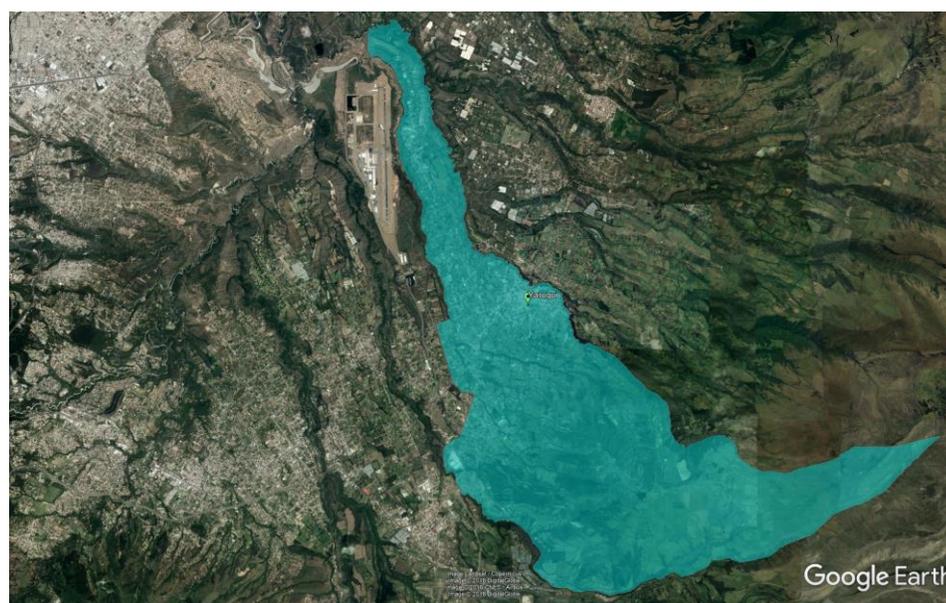


Figura. 3.2. Vista aérea de la Parroquia de Yaruqui

Fuente (Elaborado por el autor)

Como se puede apreciar una sola parroquia puede cubrir grandes extensiones de terreno por lo que gracias a la información obtenida de los replanteos realizados a los centros poblados

CAPITULO 3 PROPUESTA

de estas parroquias y conjuntamente con la ayuda de mapas digitales ha permitido determinar las zonas o sitios de interés en los cuales se enfocará para realizar el diseño y trazado de la red FTTH mediante la determinación de las zonas de alta densidad obtenidas del procesamiento y tratamiento de la información con el software Arcgis de la cartografía digital del INEC como se lo aprecia en la figura 3.3.

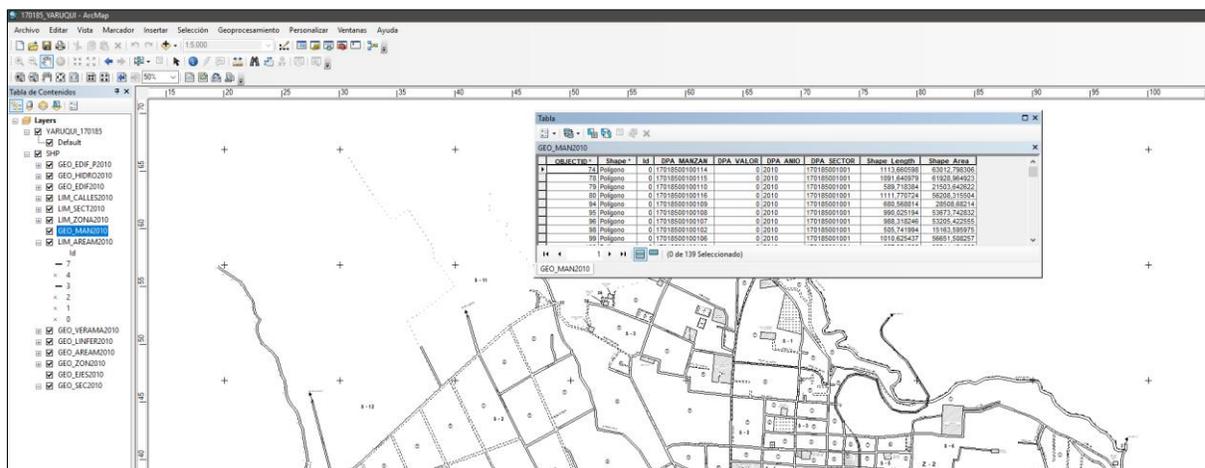


Figura. 3.3 Grafico de entorno de visualización de información cartográfica en Arcgis

Fuente: (Elaborado por el autor)

3.2. Evaluación de estándares PON

En el proceso del diseño se debe plantear el estándar PON con el que se trabajará, esta tecnología debe garantizar la compatibilidad con el estándar que en la actualidad se implementa y a la vez debe permitir la adaptación, migración a nuevos estándares, y sobretodo deberá ser capaz de soportar el tráfico de información que ha futuro cursará por la red, pues en los pronósticos realizados por Cisco sobre el consumo del tráfico IP global con proyecciones al 2022 el tráfico global anual de IP para el 2022 alcanzará los 4.8 Zettabytes, o 396 Exabytes por mes, y las velocidades de banda ancha fija llegarán los 75.4 Mbps frente a los 39 Mbps en 2017. Para América latina el tráfico cursado estará en los 18.8 Exabytes por mes, tendrá 465 millones de usuarios de internet y la velocidad de banda ancha fija promedio alcanzará los 28.1 Mbps.

En la figura 3.4 se observa el incremento del tráfico por mes.

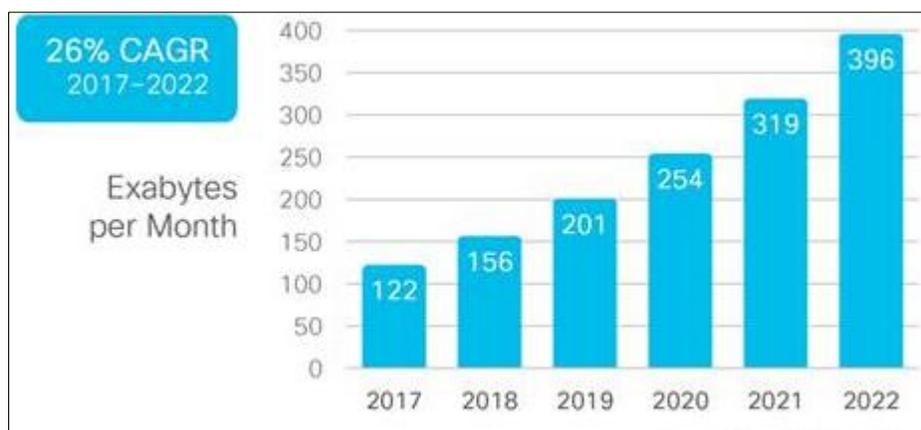


Figura. 3.4. Trafico IP por mes al 2022

Fuente (Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022, Cisco, noviembre de 2018).

El incremento de la velocidad en las conexiones es un punto crucial en el tráfico IP que resulta en un mayor consumo de contenidos y aplicaciones que demandan de gran velocidad de conexión como es el caso del tráfico de video IP que en los últimos años ha tenido y mantendrá un incremento representativo en el consumo global como se lo puede observar en la figura 3.5.

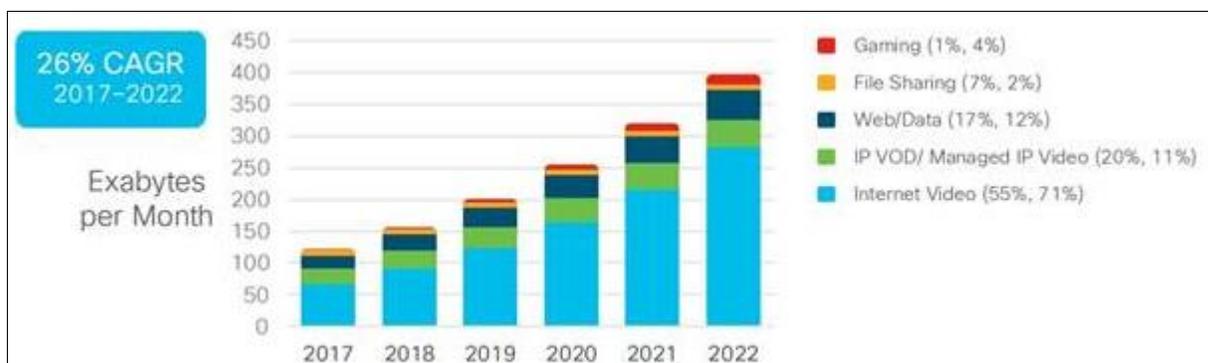


Figura. 3.5. Trafico IP global por categoría de aplicación

Fuente (Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022, Cisco, noviembre de 2018).

A Nivel de Ecuador de acuerdo a estadísticas de los puntos de intercambio de tráfico de NAP.EC implementados en las ciudades principales como son Quito y Guayaquil se puede observar el tráfico de las distintas operadoras que cruzan a través de su infraestructura como se lo muestra en la figura 3.6.

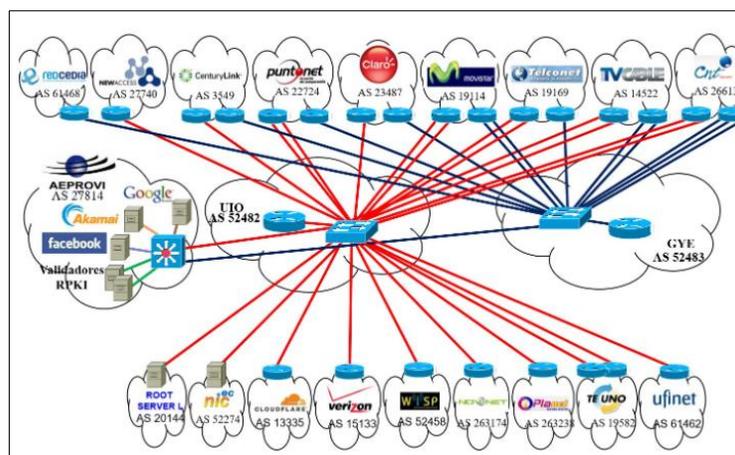


Figura. 3.6. Gráfico de los operadores que cursan tráfico a través de NAP.EC

Fuente: (NAP.EC, s.f.)

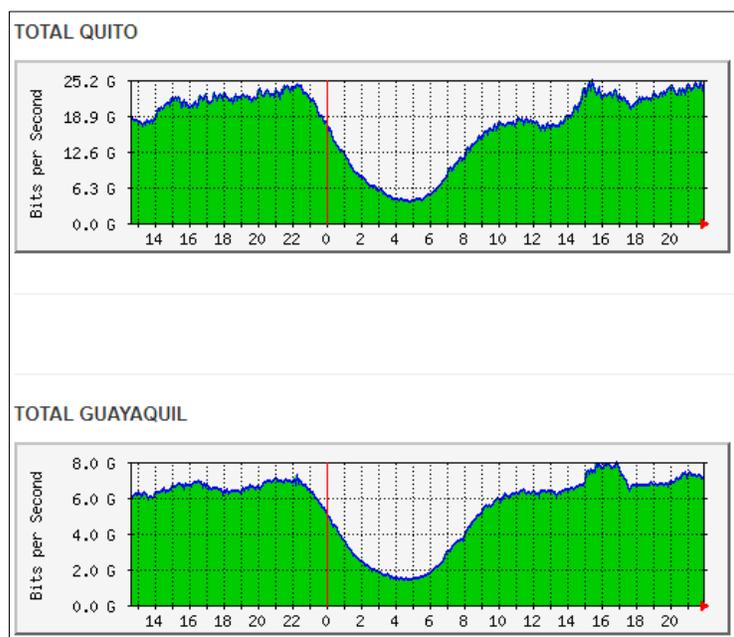


Figura. 3.7. Grafica del tráfico cursado por NAP.EC en las Ciudades de Quito y Guayaquil

Fuente: (NAP.EC, s.f.)

Como se observa en la figura 3.7 el tráfico promedio diario cursado a través de NAP.EC en la ciudad de Quito es de 25 Gbps y para Guayaquil de 8 Gbps en horas pico, y dadas las tendencias actuales se observa un crecimiento exponencial del tráfico que es transportado por las redes de los distintos operadores de telecomunicaciones y que es impulsado por aplicaciones, contenidos y servicios que cada vez demandan de un mayor ancho de banda, por lo que en un futuro no muy lejano los operadores nacionales también deberán implementar en sus redes nuevos estándares que contribuyan a satisfacer las necesidades de conectividad de los usuarios y que a la vez puedan coexistir con infraestructura de telecomunicaciones heredada.

Como se explica en párrafos anteriores para la evaluación se realiza una comparación entre el estándar GPON que lo utiliza la empresa para desplegar su red frente a dos estándares GPON de nueva generación: XG-PON y NG-PON2,

A continuación, en la tabla 3.1 se observa una comparación de las características técnicas definidas en cada estándar.

Tabla. 3.1. Parámetros definidos en los estándares GPON, XG PON y NG PON2

Parámetro	GPON	XG PON	NGPON2
Velocidad de Transmisión	2,4 Gigabit/s	10 Gigabit/s	4*10 Gigabit/s
Alcance físico	20 km	>20 km	40 km
Nivel de división	1:64~1:128	1:256	> 1:256
Acceso	TDMA	TDMA	TWDM PON; PTP WDM

Fuente: (Elaborado por el autor)

Seguidamente en la tabla 3.2 se muestra una comparativa de acuerdo a la velocidad de transmisión que se entrega a cada usuario en la cual se asume un nivel de división convencional que actualmente implementa la mayoría de operadores que es 1:64 por ODN.

Tabla. 3.2. Velocidad en los estándares GPON, XG PON y NG PON2

Parámetro	GPON	XG PON	NGPON2
Velocidad de transmisión por cada ODN	2,4 Gb/s	10 Gb/s	4*10 Gb/s
Velocidad de transmisión por cada usuario	37,5 Mb/s	156,2 Mb/s	625 Mb/s

Fuente: (Elaborado por el autor)

De forma generalizada, La ODN que alimente a 64 usuarios o abonados con NG PON2 tendrán una velocidad mínima asignada de 625 Mbps frente a los 37.5 Mbps de GPON y 156.2 Mbps que ofrece XG PON, lo que constituye un incremento considerable en la velocidad configurada para cada usuario.

Las velocidades que generalmente contratan los usuarios residenciales oscilan entre las 25 Mbps, 50 Mbps y puede llegar hasta 65 Mbps. Los usuarios de la división PYMES y clientes corporativos dependen de la naturaleza de su negocio y del tipo de aplicaciones con las que trabajan, contratan planes desde los 35 Mbps a 100 Mbps y en muchos de los casos llegan a solicitar más 200 Mbps como se lo aprecia en la tabla 3.3.

Tabla. 3.3 Valores de bit rate contratados por usuarios residenciales, Pymes y Corporativos

Escenario (Mbps)	Usuario residencial	Usuarios PYMES y Corporativo
1	25 Mbps	35 Mbps
2	50 Mbps	100 Mbps
3	65 Mbps	>200 Mbps

Fuente: (Elaborado por el autor)

De acuerdo a la tabla anterior, en el escenario No.1 las tecnologías GPON, XG PON Y NG PON2 soportan a las velocidades ahí descritas, y se observa que conforme el escenario va aumentado los valores de bit rate la tecnología GPON queda rezagada, y es así que hasta en el escenario Nro. 3 la tecnología XGPON soporta las velocidades contempladas en los usuarios residenciales mas no soporta las velocidades que se necesitan para la parte de clientes Pymes y corporativos, con lo cual queda como única opción el estándar NG PON2.

3.3. Diagrama general

A continuación, la figura 3.8 ilustra el esquema de la red FTTH diseñado con NG PON2

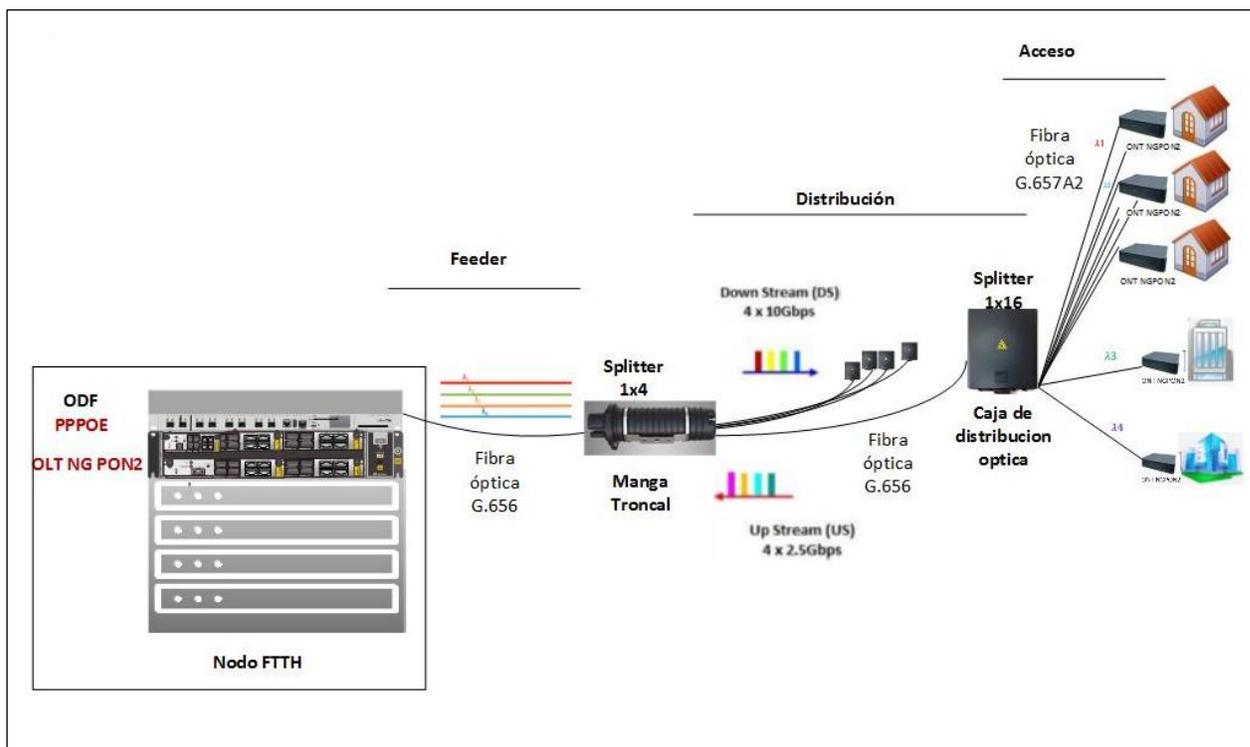


Figura. 3.8. Diagrama general
Fuente: (Elaborado por el autor)

3.4. Infraestructura activa

Al ser un despliegue completamente nuevo para el sector, el diseño se plantea con equipos terminales OLT y ONT que trabajen con el estándar NG PON 2, este equipo OLT tiene también la capacidad de soportar la convivencia con otros estándares GPON, ya sea mediante incorporación de un elemento de convergencia o embebido en su estructura.

Para la gestión del control de acceso a los usuarios de la red FTTH el diseño se lo realiza con un equipo mikrotik como servidor PPPoE ya que este equipo permite capacidades de scripting muy amplias y personalizadas con lo que permitirá a un futuro disponer de una capacidad de crecimiento seguro, flexible y ordenado sin la necesidad de invertir fuertes cantidades de dinero en mantenimiento y consultorías o licencias.

- **OLT NG PON2**

Es el equipo principal de la red FTTH que envía y recibe las conexiones de los abonados, desde el punto de vista de diseño este equipo debe soportar conjuntamente con las tarjetas de línea ópticas el estándar ITU G 989, tasas de transmisión 10G / 2.5G por longitud de onda y coexistencia con otros estándares GPON. A continuación, se describen las características principales del equipo seleccionado:

- Soporta tarjetas de línea NG-PON2 / XGS-PON de alta densidad, tarjetas de línea GPON
- Soporte para tarjetas de línea Ethernet activas y WAN de alta capacidad.
- La tarjeta de línea soporta velocidades simétricas por lambda de 10G/10G y asimétricas 10G/2.5G
- Incorpora 8 puertos NG PON2
- Cumple con ITU G.9807.1; G.989.1, G989.2, G989.3
- Interfaces ópticas con XFP: N1 (29dB)

- Gestión a través de OMCI genérico (G.988)
- Control de longitud de onda G989.3.

La figura 3.9 muestra un equipo OLT NG PON2.

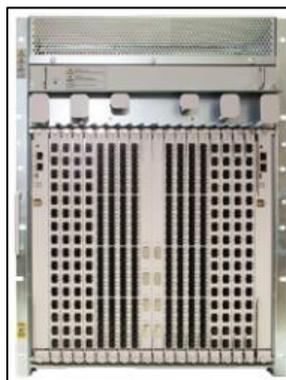


Figura. 3.9. Equipo OLT

Fuente: (Altice Labs, s, f)

- **ONT NG PON2**

Su función principal es la entrega del servicio a los abonados y se encuentra en el extremo de terminación de la red del operador, este equipo al igual que la OLT opera bajo el estándar NG PON2 y soporta velocidades de 10G, entre otras características que a continuación se mencionan:

- Estándar NG PON2 embebido
- Interfaces NG PON2 sintonizables (4 longitudes de onda)
- Soporta módulos SFP para 1G o 10G con diferentes opciones 10, 40, 80 km
- Capacidades de sincronización
- SYNC-E a través de la señal PON recibida
- Distribución de la hora del día a través del canal TWDM

En la figura 3.10 se aprecia a una ont que opera con NG PON2



Figura. 3.10. Equipo ONT

Fuente: (Alticelabs, s, f)

Cabe mencionar que a nivel de usuarios corporativos y de acuerdo a sus políticas internas suelen solicitar enlaces dedicados punto a punto con lo que incrementan los costos de implementación para la empresa, debido a que se debe realizar un nuevo tendido de fibra óptica desde la oficina central hasta su ubicación. Al implementar NG PON2 se asignará 1 lambda para las empresas que deseen este tipo de enlaces dedicados PtP, y la información viajará a través de la infraestructura que se encuentra ya instalada, y se evita pasar un nuevo cable de fibra óptica con lo cual se ahorra recursos para la empresa.

La mayor parte de los costos de la inversión inicial para la implementación de redes FTTH se concentra en la planta externa debido a los gastos que se realizan en elementos que son necesarios para el despliegue de la red, además que también involucran gastos directos como derechos de paso y alquiler de infraestructura física como es el caso por el uso de los postes de las empresas eléctricas, y otra parte de la inversión corresponde a la adquisición del equipamiento activo de la red de planta interna o denominada como oficina central por lo que el monto de la inversión que conlleva este segmento dependerá del diseño y alcance de cobertura que se desee brindar con el despliegue de la red de planta externa. Actualmente en el mercado empresas como Calix, Huawei, Altice labs, entre otros están han desarrollado sus soluciones NG PON2 que operan con este estándar tanto en sus transceptores como en sus tarjetas ópticas, además que sus terminales de línea óptica incorporan un elemento de coexistencia que permite

la convivencia con otros estándares GPON, y a nivel de usuarios/clientes han desarrollado ONUs que traen consigo un elemento sintonizador de longitudes de onda.

Si bien es cierto en el mercado local aún no se dispone de equipos OLT y ONUS que trabajen con este estándar porque es aun nuevo en la región por lo que para el tema del análisis económico para estos equipos se asumirá el doble del costo de un equipo normal que opera bajo el estándar GPON y que actualmente se encuentra en el mercado.

Selección del cable de fibra óptica

En el mercado se encuentran gran cantidad de cables de fibra óptica cuya fabricación se fundamenta en las recomendaciones de la ITU, en la actualidad el estándar más utilizado para el despliegue de red feeder y de distribución, el cual se basa en la recomendación G.652D, pero no se encuentra optimizado para trabajar en la tercera ventana (1550 nm), existen dos recomendaciones que operan en estas ventanas, las cuales son G.655 y G.656. A continuación, en la tabla 3.4 se describe las principales características de estas recomendaciones a fin de evaluar la que mejores prestaciones presente y sea compatible con el estándar NG PON2.

Tabla. 3.4. Características estándares ITU

Características	G.652D	G.655	G.656
Atenuación dB/km @ 1310	0,4	N/A	N/A
Atenuación dB/km @ 1550	0,3	0,35	0,35
Atenuación dB/km @ 1383	0,4	N/A	N/A
Longitud de onda de corte	1260	1450	1450
Dispersión cromática ps /nm*km	<17	<10	<9,28
PMD ps/ sqrt km	0,2	0,2-0,5	0,2
Macroflexión	r=30mm #100 att@ 1625 0,1 dB	r=30mm #100 att@ 1550 0,5 dB	r=30mm #100 att@ 1550 0,5 dB
MFD um	8,6-9,5 @ 1310 nm	8-11 @ 1550 nm	7-11 @ 1550 nm

Fuente: (Elaborado por el autor)

Como se puede observar el estándar G.656 presenta una dispersión cromática y una dispersión PMD menor en comparación de los otros estándares lo que hace de esta fibra ideal para operar a grandes distancias y con varias longitudes de onda, por lo que se contempla utilizar en el diseño este tipo de fibra.

Se prevé trabajar con los mismos elementos pasivos que actualmente se instalan como son: mangas de empalme, cajas de dispersión óptica y splitters debido que son elementos considerados de buena calidad, encuentran homologados por la empresa pública y además no existe incompatibilidad alguna con NG PON2.

3.3. Presupuesto de equipos y materiales

Para determinar el monto de la inversión que se necesitará en la implementación de este proyecto se utiliza el costo de los equipos y materiales de acuerdo a los precios que manejan los proveedores. La tabla 3.5 muestra los costos de los equipos y materiales obtenidos en base al diseño de la red FTTH. Para el equipo OLT NGPON 2 se asignará el doble del valor de un equipo GPON debido a que en el mercado latinoamericano aún no se encuentran disponibles dichos equipos.

Tabla. 3.5. Costo de equipos y materiales

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
FIBRA ÓPTICA 24 HILOS ADSS (m)	16514	1,1	18165,4
FIBRA ÓPTICA 6 HILOS (m)	42914	0,5	21457
MANGAS TIPO DOMO CON BANDEJA	11	84	924
SPLITTER ÓPTICO 1X4	13	24	312
SPLITTER ÓPTICO 1X16	52	32	1664
CAJAS DE DISTRIBUCION ÓPTICA	52	33	1716
MANGAS DE EMPALME	3	72,8	218,4
HERRAJES TIPO A	357	3,5	1249,5

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
PREFORMADOS PARA CABLE DE FIBRA ÓPTICA ADSS	714	2,5	1785
PINZA TENSOR	960	1,1	1056
ETIQUETAS DE ACRILICO	1920	0,5	960
AMARRAS	3840	0,03	115,2
ODF 24 PUERTOS	1	180	180
SWICHT 24 PUERTOS	1	109	109
SFP NGPON2	4	200	800
OLT NGPON2 ALTICELABS SHELT + TARJETA NGPON2 ALTICELABS 8 PUERTOS	1	6250	6250
MIKROTIK 1036-8G-2S+	1	1295	1295
INVERSOR 1250 W	1	387	387
BATERIAS 12V	2	65	130
MIKROTIK NETMETAL	1	280	280
UBIQUITI RD 5G-30	1	250	250
MATERIALES ADICIONALES		250	250
TOTAL:			59553,5

Fuente: (Elaborado por el autor)

3.3.1. Costos por arrendamiento de postes

Los postes de las empresas eléctricas son el elemento de soporte principal de las redes físicas de telecomunicaciones. El Ministerio de Telecomunicaciones y de la sociedad de la Información (MINTEL) estableció la respectiva norma que fija las contraprestaciones a ser pagadas por los prestadores de servicios de telecomunicaciones a los propietarios de los postes o de infraestructura soterrada. El canon de arrendamiento anual por poste varía de acuerdo a la ubicación geográfica. Lo que respecta al cantón Quito el valor por arrendamiento anual por poste es de 8.83 USD.

La empresa cuenta con el respectivo contrato de arrendamiento de postes con la EEQ por lo cual para hacer uso de la portería de debe hacer un incremento del uso de los postes que hasta la presente fecha se tienen registrados en dicha entidad mediante una adenda modificatoria en la cual se registre el incremento de los postes,

La tabla 3.6 muestra el valor a cancelar por el arrendamiento de los postes necesarios en este proyecto.

Tabla. 3.6. Costos por arrendamiento de postes

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Arrendamiento de postes Empresa Eléctrica Quito	837	8,83	7390,71
		Subtotal:	7390,71
		IVA 12%	886,88
		Total	8277,59

Fuente: (Elaborado por el autor)

3.3. Evaluación económica

A continuación, la tabla 3.7 muestra la inversión inicial necesaria para la implementación de este proyecto. Estos valores se han obtenido del listado de equipos y materiales descritos en la tabla 3.5 y del detalle del arrendamiento de postes de la tabla 3.6.

Tabla. 3.7. Inversión inicial

Detalle	Valor total
Costo de equipos y Materiales	\$59.553,50
Costo de arrendamiento de postes	\$ 8.277,59
Total:	\$67.831,09

Fuente: (Elaborado por el autor)

La evaluación económica permite conocer las ventajas y desventajas que trae consigo la inversión económica en el proyecto y permite tomar una decisión adecuada antes de realizar la inversión de dinero en algún proyecto determinado.

Para este análisis se toma en cuenta a la tasa mínima atractiva de retorno, al valor actual neto y a la tasa interna de retorno como indicadores que permitirán conocer la viabilidad del proyecto.

- **Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR)**

Este indicador permite conocer a los inversionistas del capital inicial de cualquier proyecto la tasa mínima de ganancia respecto a la inversión realizada. La tasa mínima atractiva de retorno o TMAR se la calcula con la siguiente ecuación:

$$TMAR = \textit{tasa de inflación} + \textit{premio al riesgo}$$

Tasa de inflación: 0.61%. Tomado de (INEC, 2019)

Premio al riesgo: 12.6%. Tomado de (Applet-magic.com, 2019)

Se obtiene un valor de TMAR de 13.21%, este parámetro permitirá realizar los cálculos para obtener el VAN y el TIR.

- **Valor actual neto (VAN)**

Este indicador permite conocer si las inversiones son favorables en términos de ingresos y egresos y para indicar que inversión es mejor que otra. Los criterios a tomar en cuenta para la toma de decisiones son los siguientes:

Si el VAN es mayor a 0, indica que el proyecto será rentable; si el VAN es igual a 0, se determina que el proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias; y si el VAN es menor a 0 señala que el proyecto genera pérdidas por lo que es factible realizarlo.

- **Tasa Interna de retorno (TIR)**

Es igualmente un indicador utilizado para la evaluación de proyectos, que indica el valor de la tasa de descuento que hace que el valor actual neto se anule. Toma en cuenta el flujo del dinero a través del tiempo mediante la utilización de flujos descontados de efectivo. (Morales V, s.f.)

Evaluación VAN y TIR

Con ayuda del software Microsoft Excel se utiliza las formulas VNA y TIR que vienen por defecto en este software y para realizar el cálculo se toma en consideración los siguientes parámetros:

- Periodo de vida útil del proyecto: 5 años.
- Índice de crecimiento de cartera de clientes 10 % en la cual se toma como referencia el total de clientes de fibra óptica que tiene la empresa.
- El interés propuesto para este proyecto es obtenido de la TMAR que es igual al 13.21%
- Para los ingresos, se realiza un promedio de los precios por los planes que oferta la empresa entre 25 y 60 dólares, el cual se obtuvo de 42.5 dólares y se asume un ingreso

neto del 40% de este valor, ya que cierto porcentaje del ingreso total es destinado a otros rubros como salarios, compra de activos, entre otros.

Tabla. 3.8. Cálculo de VAN y TIR

Inversión inicial:	\$ 67.831,09
Flujo de efectivo neto	
año	valor
1	\$ 13.600,00
2	\$ 27.200,00
3	\$ 40.800,00
4	\$ 54.400,00
5	\$ 68.000,00
VAN	\$63.208,30
TIR	38%
TMAR	13,21%

Fuente: (Elaborado por el autor)

De acuerdo con indicado en la tabla 3.8 se concluye que:

- El indicador VAN es mayor a 0 lo que se considera que el proyecto es factible y se estima una inversión segura.
- El indicador TIR es mayor que la tasa de descuento, es decir el proyecto generará una rentabilidad del 38% respecto de la inversión inicial.

3.5. Tiempo estimado de instalación de red FTTH

Para la instalación de la red de planta externa se contempla la asignación de 3 grupos de 2 personas cada uno, que llevarán a cabo desde la instalación de los herrajes, tendido, fusión, armado de mangas y activación de hilos.

A continuación, la tabla 3.10 muestra un detalle de las tareas y tiempos estimados en realizar las actividades.

Tabla. 3.10. Estimación de tiempos de instalación red feeder y distribución

DETALLE	CANTIDAD	GRUPOS	DIAS
Tendido de red feeder (km)	16,5	3	5
Instalación de mangas troncales	13	2	5
Tendido de red de distribución (km)	42,9	3	10
Instalación de Cajas de distribución	52	3	4
Instalación y configuración de equipos			2
Total:			22

Fuente: (Elaborado por el autor)

Los diferentes procedimientos realizados para el desarrollo de este proyecto se dividen en varias secciones o etapas que se han desarrollado cronológicamente acorde su avance:

Como inicio del proyecto se realizó con las respectivas aprobaciones por parte de la empresa y del personal involucrado para la ejecución del proyecto.

En la primera etapa se realizó la respectiva inspección a campo con la finalidad de tener una visión más clara de la magnitud del proyecto. Se levantó toda la información concerniente a la infraestructura de telecomunicaciones necesaria para el tendido de la red.

La segunda etapa comprendió el respectivo análisis de la información levantada en la primera etapa y se acogieron los diferentes criterios arrojados sobre los resultados.

En la tercera etapa se analizó una evaluación de los diferentes estándares GPON del mercado y los de nueva generación. Se desarrollaron los respectivos presupuestos de equipos, materiales conjuntamente con el análisis económico.

La cuarta etapa comprendió la elaboración de los cálculos necesarios con la finalidad de analizar los resultados y en base a estos valores se elaboró el respectivo diseño de la red. Una vez plasmado el diseño se procedió a llenar los respectivos formularios técnicos para su registro ante la entidad de control. Con el diseño de la red y su registro se procedió a la instalación de red feeder, distribución, y de los respectivos elementos que fueron implementados por etapas para su puesta en operación una vez concluidas las pruebas respectivas. Como punto final se realizó los respectivos informes y dio de alta la red para su inicio de operación.

A continuación, la figura 3.11 detalla las respectivas secciones del proyecto.

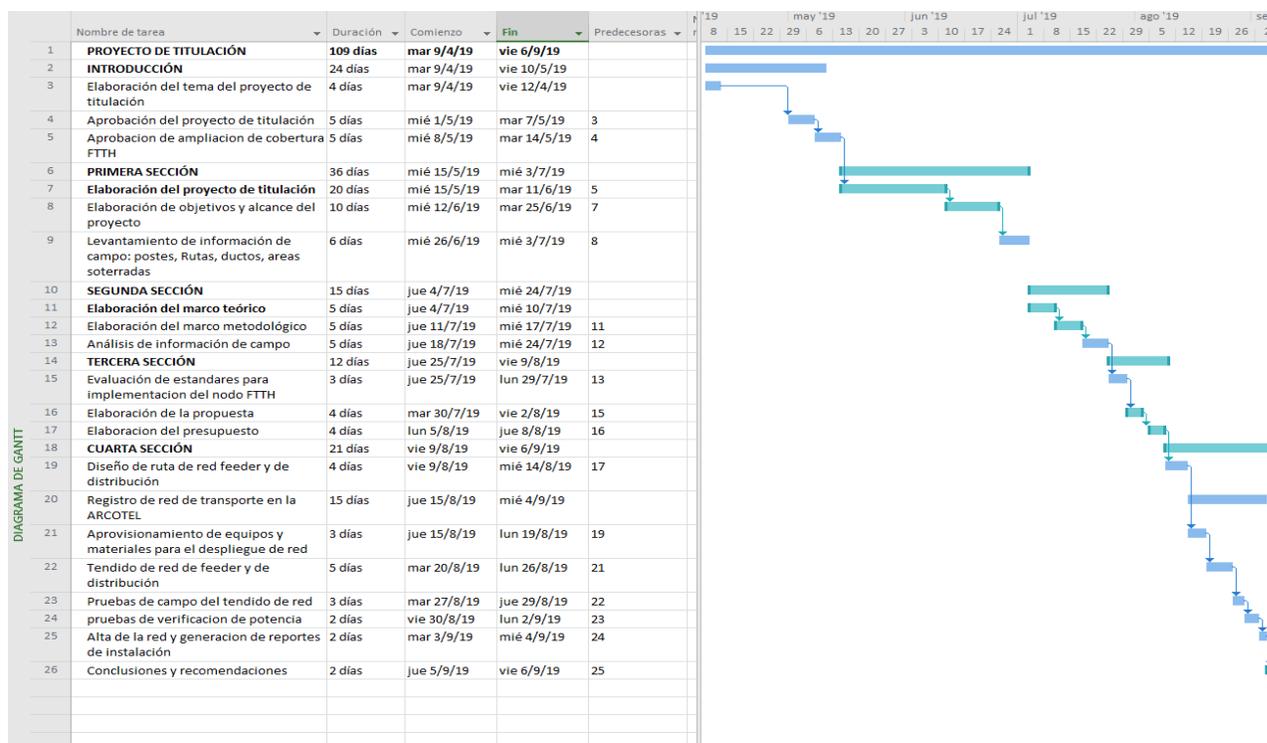


Figura. 3.11. Diagrama de Gantt

Fuente: (Elaborado por el autor)

3.6. Ventajas

Como se ha analizado el trabajar con el estándar NG PON2 ofrece varios beneficios como:

- Permite alcanzar altas tasas de transmisión.
- Soporta mayores niveles de división lo que confluencia en el aumento de la cobertura.
- De acuerdo a su configuración permite alcanzar mayores distancias que los actuales estándares.
- Permite la coexistencia con estándares GPON por lo que la infraestructura de planta externa se mantiene y solo se adiciona de ser el caso un elemento de coexistencia, aunque la mayoría de fabricantes en sus soluciones ya incluye el soporte para estos estándares.
- Ofrece la posibilidad de trabajar con longitudes de onda dedicadas, con lo cual ayudará a la empresa con clientes corporativos que requieren de conexiones de fibra óptica Punto a Punto.
- Permitirá a la empresa traer el tráfico de los proyectos FTTH que dispone en el norte de la ciudad a través de esta red sin la necesidad de cambiar los elementos o equipos por otros de gran capacidad.
- Permitirá a la empresa aumentar su portafolio de servicios y mejorar la experiencia de los usuarios.

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN

Para realizar el dimensionamiento de la red FTTH se apoya en la información estadística de población y vivienda del INEC, a la cual se la ha desagregado a nivel de sectores y manzanas. Debido a que estas parroquias poseen una extensión de territorio bastante amplia se ha estimado un índice de penetración inicial del 30% debido a que la mayoría de la población de las parroquias se concentra en solo en ciertas zonas. Este índice de penetración servirá como pauta para realizar un dimensionamiento adecuado de la red, que permita su ampliación de manera rápida y sencilla conforme aumenta la demanda del servicio.

Con ayuda del software Arcgis se procesa la información de la geodatabase del INEC y se procede a cargar los datos de las viviendas de acuerdo al geo código que le corresponden. La información de las viviendas previo a su carga en las tablas de atributos de las capas del Arcgis fue obtenida con mediante el software REDATAM, el cual es un sistema que permite el procesamiento y la diseminación de la información censal en este caso del INEC. Una vez obtenida esta información se procede a empatarla en la geodatabase que contienen los geocódigos que identifican a cada uno de los sectores como se observa en la figura 4.1.

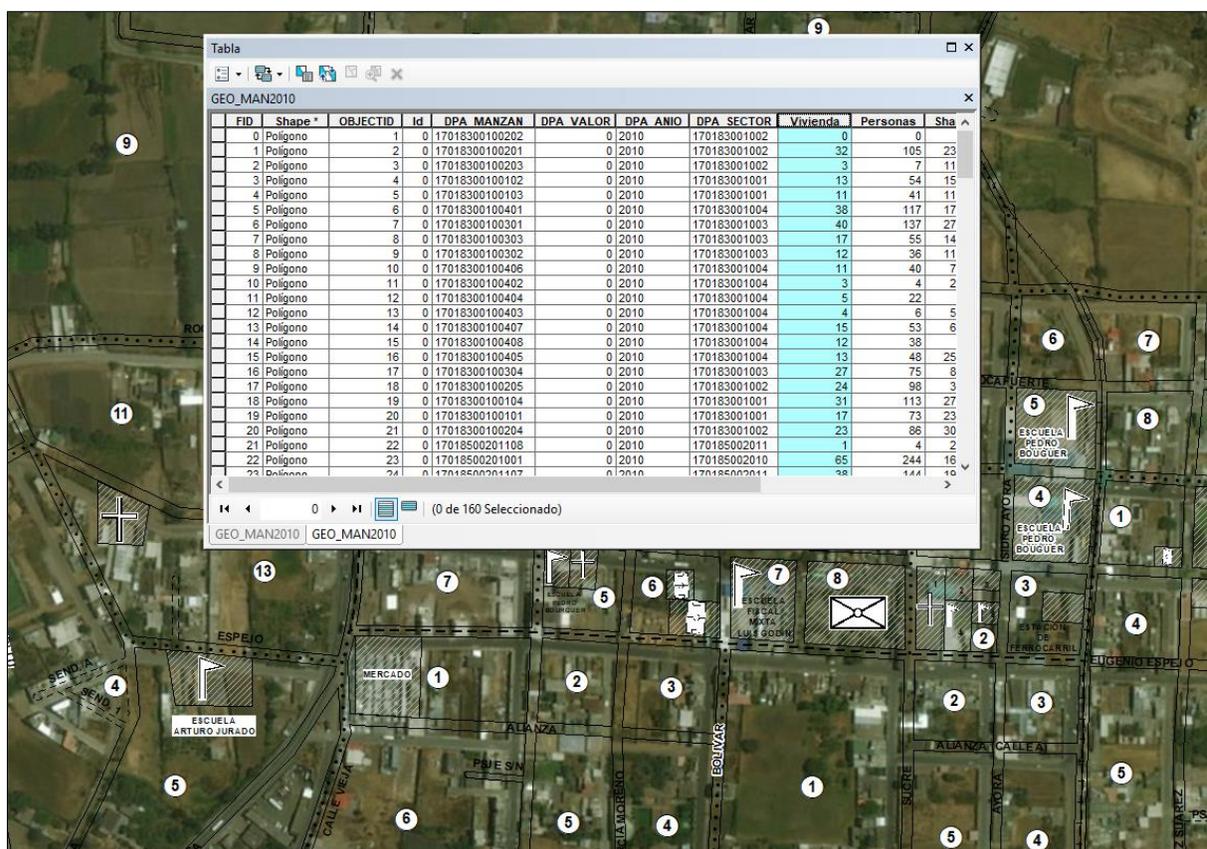


Figura. 4.1. Atributos modificados información cartográfica del INEC

Fuente: (Elaborado por el autor)

Después del procesamiento de la información se procede a escoger las zonas con mayor densidad de viviendas para el estudio. Estas capas que contienen la información se las puede exportar a formato KML que una mejor visualización en el software Google Earth como se lo observa en la figura 4.2.

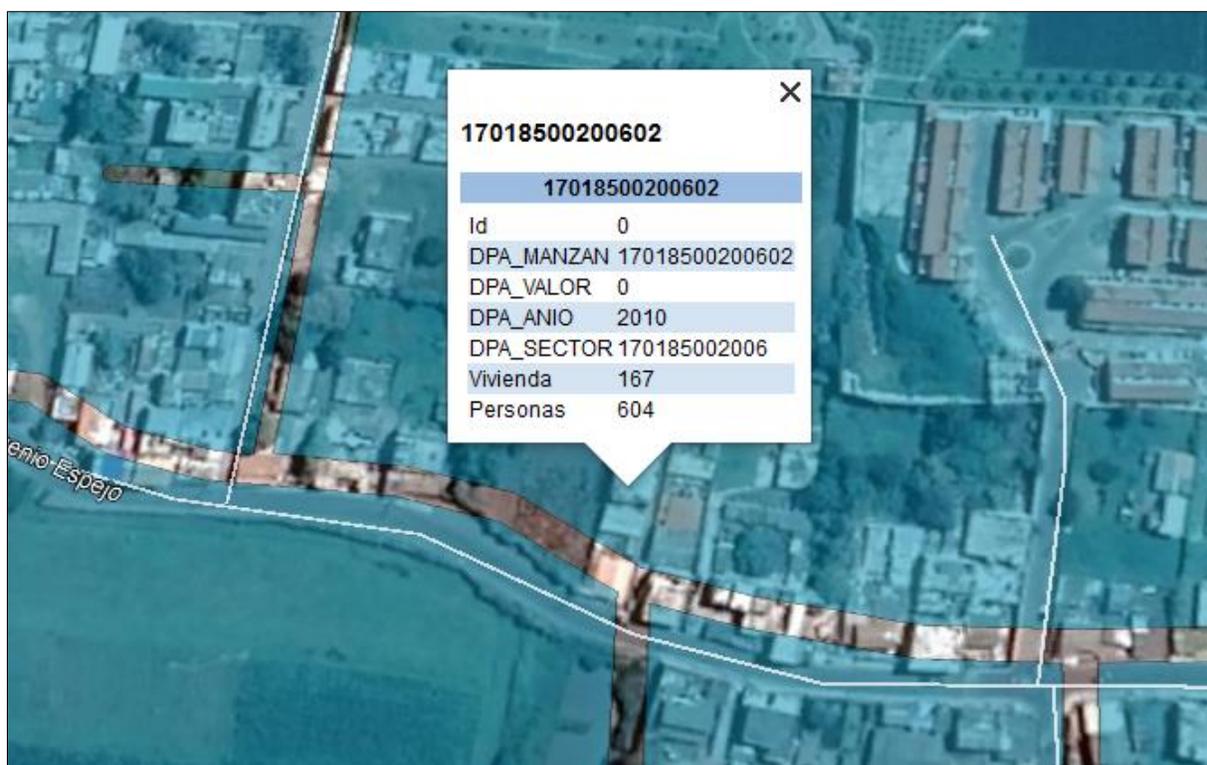


Figura. 4.2. Información cartográfica del INEC en Google Earth

Fuente: (Elaborado por el autor)

Una vez procesada la información de la geodatabase del INEC mediante el software Arcgis, se procede a seleccionar las zonas o sectores con mayor densidad de viviendas. Esta selección permitirá conocer la cantidad aproximada de viviendas que se encuentran en esos sectores y a establecer las zonas de interés que servirá para determinar la cantidad de materiales que se necesitarán en el despliegue inicial de la red FTTH dentro de las zonas de interés con base al índice de penetración que se estableció inicialmente que es del 30%. La tabla 4.1 expone la información geo codificada a nivel de sectores y manzanas obtenidas.

Tabla. 4.1. Información geo codificada a nivel de sectores y manzanas

ITEM	ZONA	GEOCODIGO_ SECTOR	VIVIENDAS	ITEM2	ZONA3	GEOCODIGO_ SECTOR	VIVIENDAS2
1	Sector 1	170183999003	50	37	Manzana 18	17018500100403	44
2	Sector 2	170183999004	60	38	Manzana 19	17018500100502	17
3	Sector 3	170183999005	84	39	Manzana 20	17018500100505	29

CAPITULO 4 IMPLEMENTACION

ITEM	ZONA	GEOCODIGO _ SECTOR	VIVIENDAS	ITEM2	ZONA3	GEOCODIGO _ SECTOR	VIVIENDAS2
4	Sector 4	170185999005	69	40	Manzana 21	17018500100506	41
5	Sector 5	170185999006	38	41	Manzana 22	17018500100507	16
6	Sector 6	170185999007	47	42	Manzana 23	17018500100601	47
7	Sector 7	170185999008	72	43	Manzana 24	17018500100604	25
8	Sector 8	170185999011	35	44	Manzana 25	17018500100608	36
9	Sector 9	170185999015	84	45	Manzana 26	17018500100705	70
10	Sector 10	170185999017	73	46	Manzana 27	17018500100707	18
11	Sector 11	170185999018	31	47	Manzana 28	17018500200104	16
12	Sector 12	170185999019	89	48	Manzana 29	17018500200106	27
13	Sector 13	170185999020	57	49	Manzana 30	17018500200108	35
14	Sector 14	170185999034	49	50	Manzana 31	17018500200109	35
15	Sector 15	170185999035	75	51	Manzana 32	17018500200201	18
16	Sector 16	170185999036	39	52	Manzana 33	17018500200203	31
17	Sector 17	170185999037	55	53	Manzana 34	17018500200204	9
18	Sector 18	170185999038	63	54	Manzana 35	17018500200302	16
19	Sector 19	170185999039	56	55	Manzana 36	17018500200304	11
20	Manzana 1	17018300100101	17	56	Manzana 37	17018500200306	26
21	Manzana 2	17018300100205	24	57	Manzana 38	17018500200401	11
22	Manzana 3	17018300100303	17	58	Manzana 39	17018500200402	15
23	Manzana 4	17018300100304	27	59	Manzana 40	17018500200403	17
24	Manzana 5	17018300100401	38	60	Manzana 41	17018500200501	15
25	Manzana 6	17018300100403	4	61	Manzana 42	17018500200510	35
26	Manzana 7	17018300100404	5	62	Manzana 43	17018500200603	15
27	Manzana 8	17018300100406	11	63	Manzana 44	17018500200701	75
28	Manzana 9	17018300100407	15	64	Manzana 45	17018500200702	48
29	Manzana 10	17018300100408	12	65	Manzana 46	17018500200807	24
30	Manzana 11	17018500100209	35	66	Manzana 47	17018500200901	67
31	Manzana 12	17018500100213	33	67	Manzana 48	17018500200903	29
32	Manzana 13	17018500100302	25	68	Manzana 49	17018500201001	65
33	Manzana 14	17018500100306	18	69	Manzana 50	17018500201104	27
34	Manzana 15	17018500100307	25	70	Manzana 51	17018500201105	30
35	Manzana 16	17018500100308	29	71	Manzana 52	17018500201106	41
36	Manzana 17	17018500100309	27				

Fuente: (Elaborado por el autor)

A continuación, en la figura 4.3 se muestra la información geo referenciada a nivel de manzanas y sectores con su respectiva codificación. La información de las viviendas obtenidas de la base de datos del INEC mediante el software REDATAM se procesa y se empata a las tablas de atributos que contienen las capas del Arcgis para su posterior tratamiento y selección de las zonas de alta densidad.

FID	Shape *	OBJECTID	Id	DPA MANZAN	DPA VALOR	DPA ANIO	DPA SECTOR	Vivienda	Personas	Shape Leng	Shape Area
0	Poligono	1	0	17018300100202		0	2010	170183001002	0	40,663526	62,70530
1	Poligono	2	0	17018300100201		0	2010	170183001002	32	2334,760068	241143,41988
2	Poligono	3	0	17018300100203		0	2010	170183001002	3	1140,717619	63852,12877
3	Poligono	4	0	17018300100102		0	2010	170183001001	13	1530,522151	133640,1213
4	Poligono	5	0	17018300100103		0	2010	170183001001	11	1176,535442	79526,7112
5	Poligono	6	0	17018300100401		0	2010	170183001004	38	1735,545863	116760,29965
6	Poligono	7	0	17018300100301		0	2010	170183001003	40	2789,943468	296421,62627
7	Poligono	8	0	17018300100303		0	2010	170183001003	17	1400,982481	47379,51597

Figura. 4.3. Atributos de capas en Arcgis

Fuente: (Elaborado por el autor)

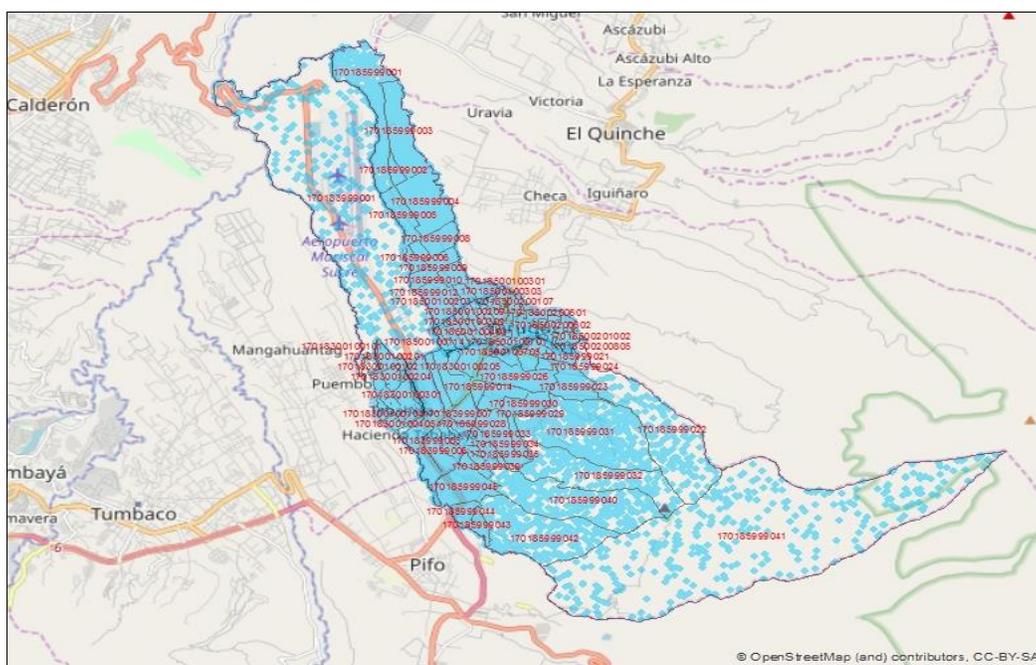


Figura. 4.4. Densidad de viviendas a nivel de sectores y manzanas

Fuente (Elaborado por el autor)

Como se observa en la figura 4.4 no todos los sectores o manzanas presentan gran cantidad de viviendas, por lo que se seleccionan las zonas en donde se concentra la mayor densidad de viviendas que se lo ha determinado mediante el Arcgis como se lo aprecia en la figura 4.5.

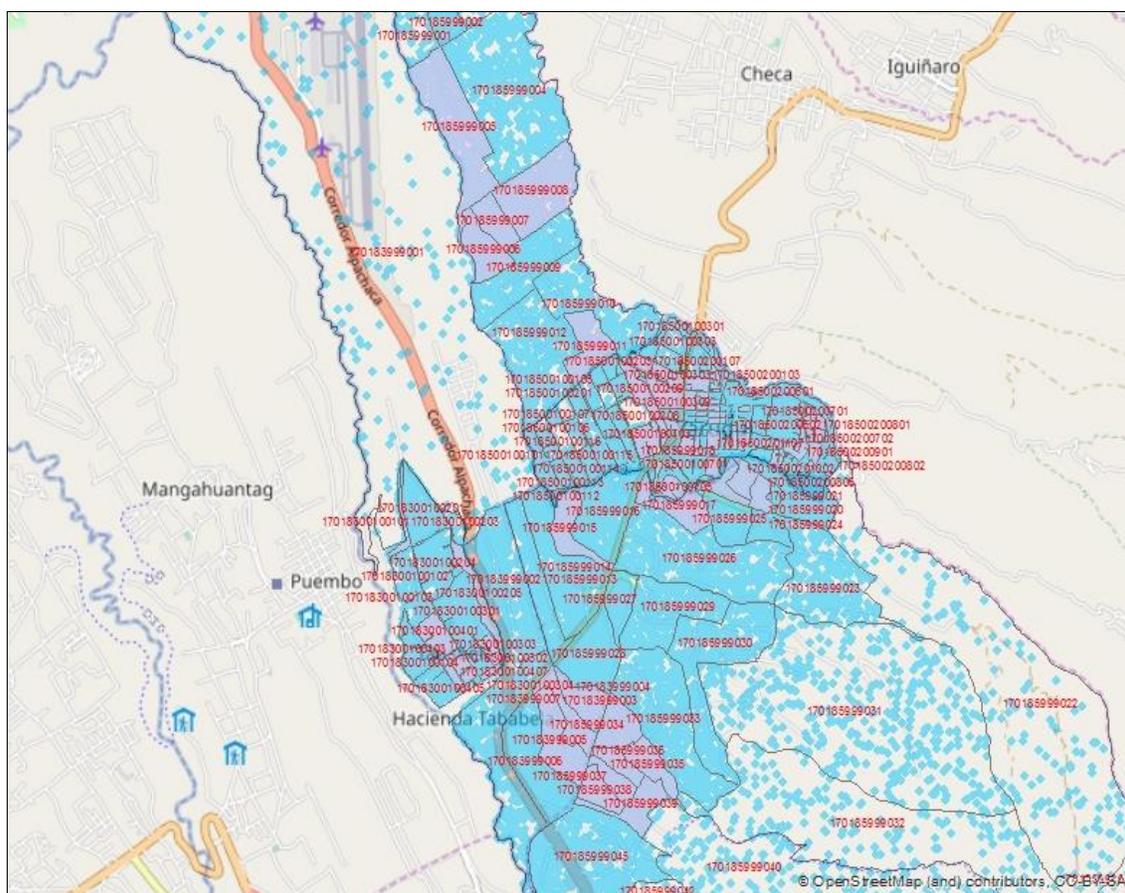


Figura. 4.5. Sectores y manzanas con alta densidad de viviendas

Fuente: (Elaborado por el autor)

Tabla. 4.2. Sectores seleccionados con mayor densidad de viviendas

ITEM	ZONA	GEOCODIGO_SECTOR	VIVIENDAS	30%_viviendas
1	Sector 1	170183999003	50	25
2	Sector 2	170183999004	60	30
3	Sector 3	170183999005	84	42
4	Sector 4	170185999005	69	35

CAPITULO 4 IMPLEMENTACION

ITEM	ZONA	GEOCODIGO_SECTOR	VIVIENDAS	30%_viviendas
5	Sector 5	170185999006	38	19
6	Sector 6	170185999007	47	24
7	Sector 7	170185999008	72	36
8	Sector 8	170185999011	35	18
9	Sector 9	170185999015	84	42
10	Sector 10	170185999017	73	37
11	Sector 11	170185999018	31	16
12	Sector 12	170185999019	89	45
13	Sector 13	170185999020	57	29
14	Sector 14	170185999034	49	25
15	Sector 15	170185999035	75	38
16	Sector 16	170185999036	39	20
17	Sector 17	170185999037	55	28
18	Sector 18	170185999038	63	32
19	Sector 19	170185999039	56	28
20	Manzana 1	17018300100101	17	9
21	Manzana 2	17018300100205	24	12
22	Manzana 3	17018300100303	17	9
23	Manzana 4	17018300100304	27	14
24	Manzana 5	17018300100401	38	19
25	Manzana 6	17018300100403	4	2
26	Manzana 7	17018300100404	5	3
27	Manzana 8	17018300100406	11	6
28	Manzana 9	17018300100407	15	8
29	Manzana 10	17018300100408	12	6
30	Manzana 11	17018500100209	35	18
31	Manzana 12	17018500100213	33	17
32	Manzana 13	17018500100302	25	13
33	Manzana 14	17018500100306	18	9
34	Manzana 15	17018500100307	25	13
35	Manzana 16	17018500100308	29	15
36	Manzana 17	17018500100309	27	14
37	Manzana 18	17018500100403	44	22
38	Manzana 19	17018500100502	17	9
39	Manzana 20	17018500100505	29	15
40	Manzana 21	17018500100506	41	21
41	Manzana 22	17018500100507	16	8
42	Manzana 23	17018500100601	47	24
43	Manzana 24	17018500100604	25	13
44	Manzana 25	17018500100608	36	18

ITEM	ZONA	GEOCODIGO_SECTOR	VIVIENDAS	30%_viviendas
45	Manzana 26	17018500100705	70	35
46	Manzana 27	17018500100707	18	9
47	Manzana 28	17018500200104	16	8
48	Manzana 29	17018500200106	27	14
49	Manzana 30	17018500200108	35	18
50	Manzana 31	17018500200109	35	18
51	Manzana 32	17018500200201	18	9
52	Manzana 33	17018500200203	31	16
53	Manzana 34	17018500200204	9	5
54	Manzana 35	17018500200302	16	8
55	Manzana 36	17018500200304	11	6
56	Manzana 37	17018500200306	26	13
57	Manzana 38	17018500200401	11	6
58	Manzana 39	17018500200402	15	8
59	Manzana 40	17018500200403	17	9
60	Manzana 41	17018500200501	15	8
61	Manzana 42	17018500200510	35	18
62	Manzana 43	17018500200603	15	8
63	Manzana 44	17018500200701	75	38
64	Manzana 45	17018500200702	48	24
65	Manzana 46	17018500200807	24	12
66	Manzana 47	17018500200901	67	34
67	Manzana 48	17018500200903	29	15
68	Manzana 49	17018500201001	65	33
69	Manzana 50	17018500201104	27	14
70	Manzana 51	17018500201105	30	15
71	Manzana 52	17018500201106	41	21

Fuente: (Elaborado por el autor)

De acuerdo a la tabla 4.2 se han obtenido 71 zonas entre sectores y manzanas con un total de 2569 viviendas, y como anteriormente se especificó un índice de penetración inicial del 30% se obtiene como un valor aproximado de 777 viviendas que deben ser atendidas con el servicio en el despliegue inicial de la red, y es en base a esta cantidad de viviendas y a la ubicación de los sectores con mayor densidad que se realiza el dimensionamiento de la red.

4.1. Ubicación de la infraestructura activa de la red FTTH

Para la ubicación del equipamiento activo que incluye a la OLT se propone como punto central al sector denominado Oyambarillo que es parte de la parroquia de Yaruquí, se escoge este sitio ya que es el punto céntrico que delimita a las parroquias de Tababela y Yaruquí, además que, en su alrededor se levantan nuevos complejos de bodegas de grandes cadenas de negocios comerciales y también se encuentra cerca de la parroquia vecina de Pifo en la cual se tiene gran interés de brindar el servicio por ser considerada comercialmente activa. En la figura 4.6 se muestra la ubicación del nodo.

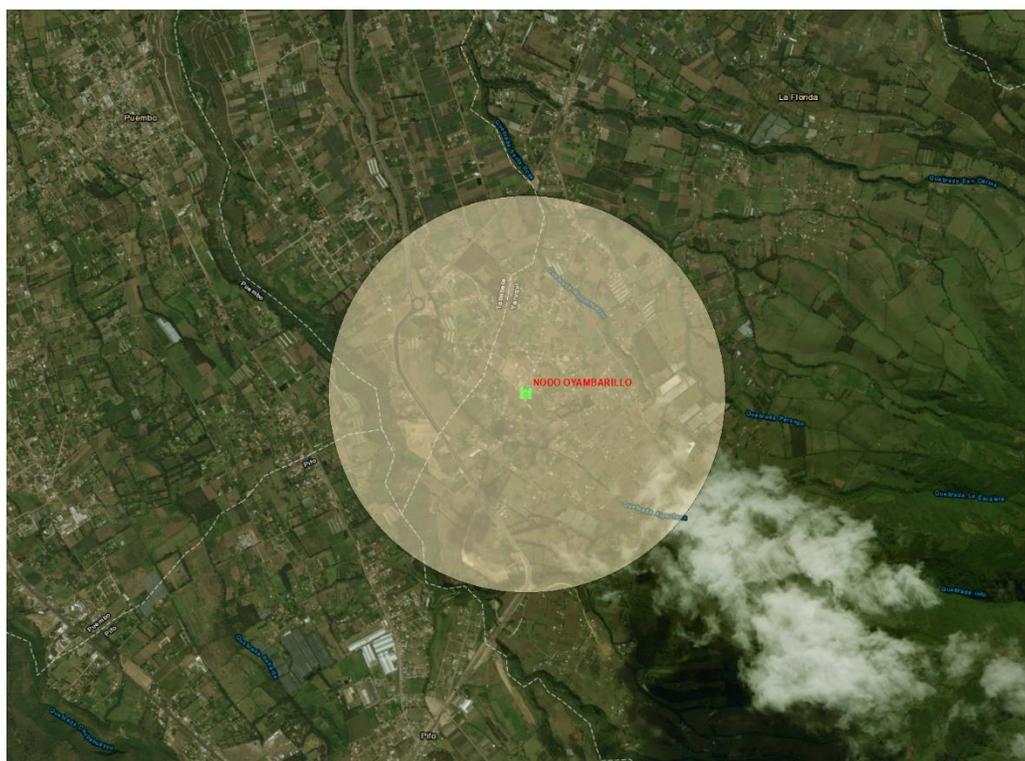


Figura. 4.6. Ubicación infraestructura del equipamiento del nodo

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.2. Ubicación de los segmentos de red feeder y de distribución

Parte fundamental del diseño es el recorrido que tendrá la red FTTH desde su inicio en la central donde se aloja la OLT hasta el final de su recorrido. El tendido de la red debe garantizar que a través de su recorrido alimente a la mayor cantidad de sectores de las parroquias y que a la vez a un futuro sirva en despliegues de red para aumentar cobertura. Para el diseño de la red feeder de fibra óptica se contempla el despliegue de ruta feeder con fibra óptica de 24 hilos monomodo ADSS G.656 acorde con el análisis realizado en el capítulo 3, la cual se encuentra optimizada para operar en la ventana 1550 nm ideal para aplicaciones que trabajan con varias longitudes de onda, como es el caso de NG PON2 y es en este segmento de red que se instalarán los splitters de primer nivel. Para el despliegue de la red de distribución de fibra óptica se utilizará fibra monomodo de 6 hilos bajo el mismo estándar que la red feeder, y en la que se instalarán los splitters de segundo nivel.

4.2.1. Topología de red

La configuración que se implementa en este tipo de redes son dos: punto a punto y punto a Multipunto, para la alimentación a los usuarios residenciales se utiliza la topología punto a multipunto tipo árbol, que nace desde la OLT y se ramifica a través de dos niveles de división. Para ciertas aplicaciones o empresas que requieren de servicios dedicados el servicio de lo dará a través de configuración punto a punto. La figura 4.7 describe la topología utilizada.

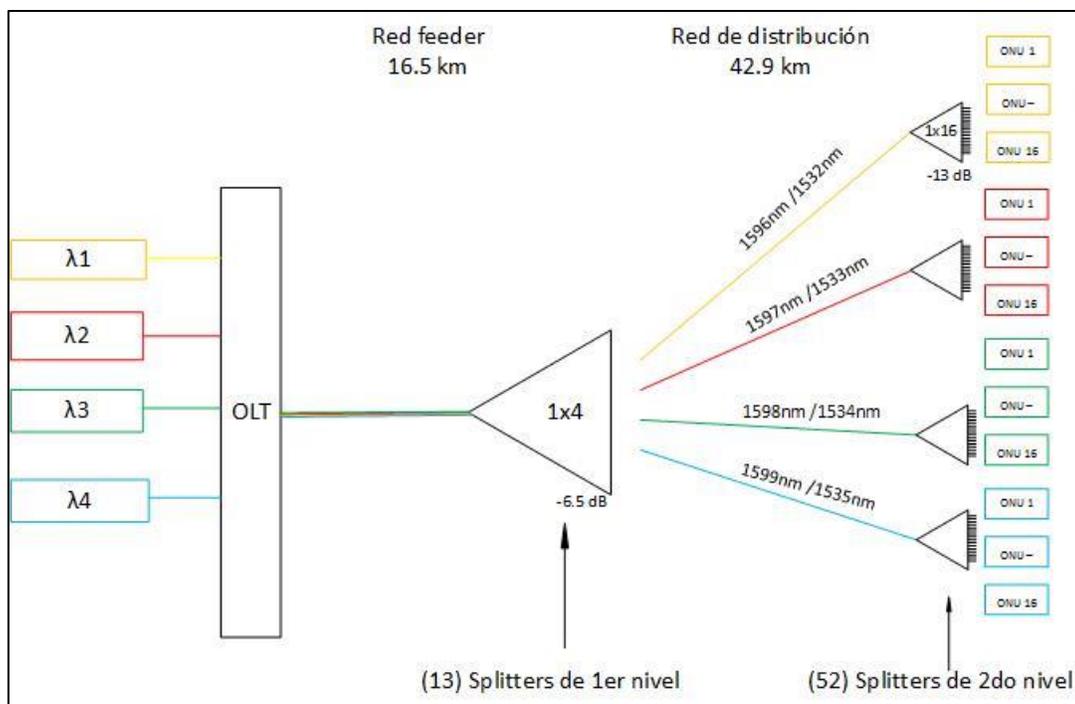


Figura. 4.7. Topología tipo árbol red FTTH

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.3. Simbología y codificación de elementos pasivos

Para la simbología de los elementos pasivos de la planta externa se ha utilizado los estilos propios de ARCGIS con lo cual se representará a las mangas troncales que alojan a los splitters de primer nivel de división, mangas de fusión, y cajas de distribución óptica que alojan en su interior a los splitters del segundo nivel de división.

A continuación, en la figura 4.8 se muestra la descripción de la representación de cada uno de los elementos.



Figura. 4.8. Estilos de elementos de red FTTH

Fuente: (Elaborado por el autor)

Para llevar un orden e identificar a los elementos troncales, de distribución y de fusión se ha creado una codificación, la cual identifica la ciudad y el tipo de nivel de red al que se encuentra asociado en la cual:

- La primera inicial se utiliza para identificar la ciudad a la que pertenece, en este caso será (Q) que representa a la ciudad de Quito.
- La dos siguientes describen el tipo de manga: ST para Splitter Troncal, o SD, para Splitter de Distribución.
- Los caracteres numéricos representan el número de la manga que está integrado por 4 dígitos.

En la figura 4.9 se describe la codificación que se utilizará.

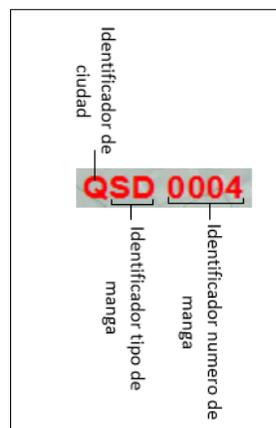


Figura. 4.9. Codificación de mangas

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.4. Segmento de red feeder

Para el diseño de la ruta feeder se utilizará un cable de fibra óptica ADSS de 24 hilos fabricado bajo las especificaciones del estándar G.656. El recorrido de este cable de fibra partirá desde la OLT ubicada en Oyambarillo y recorrerá a través de los centros de los ejes centrales de las parroquias de Tababela y Yaruquí, esta ruta en su diseño tendrá una distancia aproximada de: 16.5 km. Con lo cual con la capacidad de hilos que posee esta fibra inicialmente se cubre la mayoría de los sectores y a la vez se deja ciertos hilos como reservas de futuras ampliaciones de red. La figura 4.10 muestra el recorrido de la ruta.

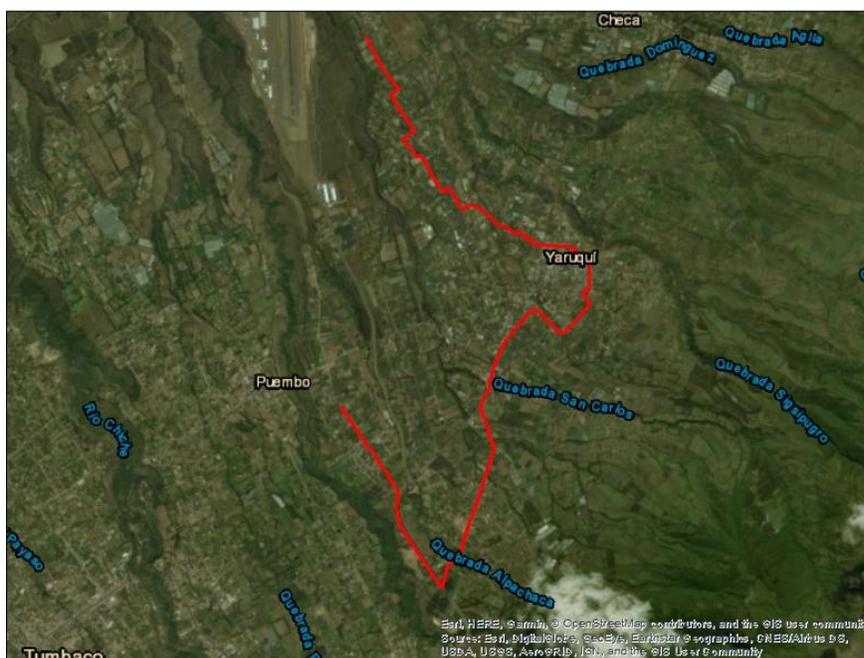


Figura. 4.10. Recorrido de ruta feeder

Fuente: (Elaborado por el autor)

En esta red se deberán instalar las mangas troncales tipo domo que contendrán en su interior a los splitters de primer nivel 1:4.

A continuación, en la figura 4.11 se muestra la red feeder con la ubicación tentativa de las mangas troncales que contienen los splitters de primera división con su respectiva codificación.

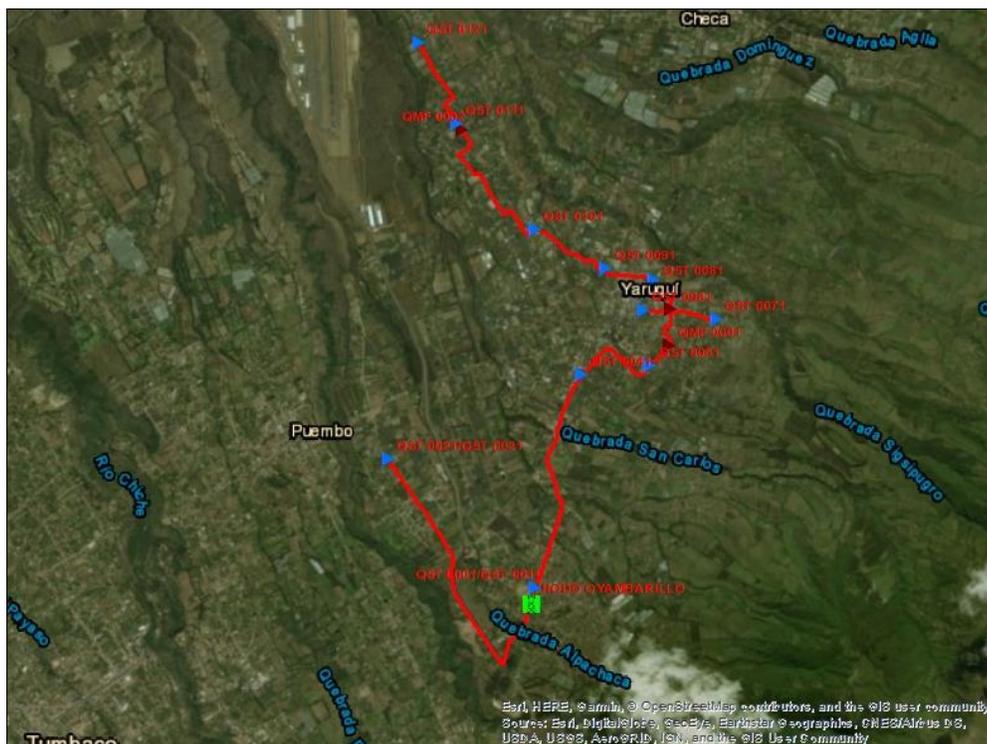


Figura. 4.11. Ubicación de mangas troncales

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.5. Red de distribución

El despliegue de las rutas de la red de distribución partirá desde las mangas principales ubicadas en la red troncal, de las cuales se derivarán con cable de 6 hilos monomodo hacia cada una de las cajas de distribución óptica y dentro de las cuales se encuentran alojados en cada una de las cajas los splitters de segundo nivel. Estas cajas han sido ubicadas estratégicamente en base a la densidad que cubre a los sectores y manzanas establecidos en la tabla 4.2. Con la finalidad de cubrir todos los sectores objetivos se deberán instalar 52 cajas de distribución óptica.

En la figura 4.12 se observa el trayecto de la red de distribución de fibra óptica y la ubicación tentativa de las cajas de distribución que brindará el servicio a dicha zona.



Figura. 4.12. Ubicación tentativa de cajas de distribución

Fuente: (Elaborado por autor)

Como se menciona en párrafos anteriores dentro de cada caja de distribución óptica se encuentra el splitter de segundo nivel 1: 16 para lo cual se ha contemplado una zona de influencia efectiva por cada caja de distribución de 350 metros que es la cantidad de cable de fibra óptica aproximada que brinda la empresa a los abonados sin costos adicionales en la instalación. La figura 4.13 muestra la influencia de cada caja de distribución.

En los respectivos anexos se muestran desglosadas las coberturas de las zonas restantes.

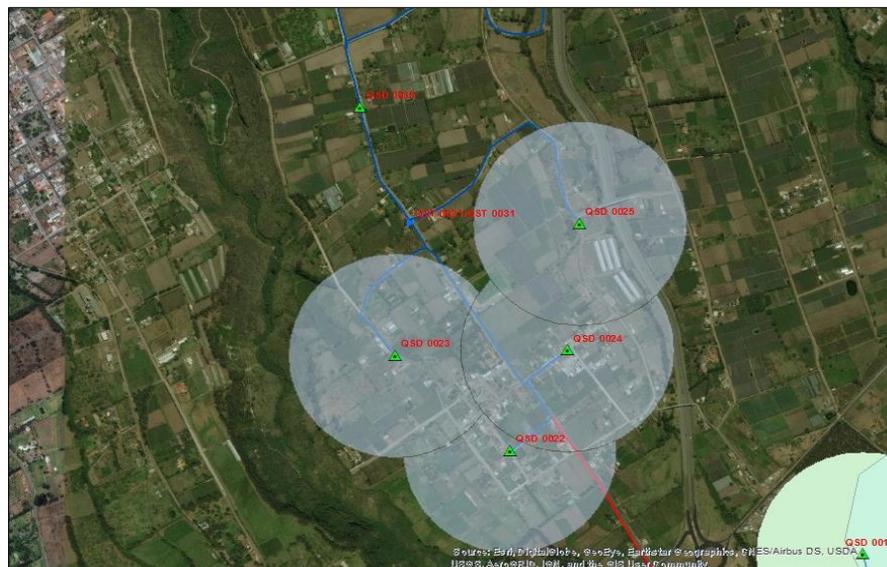


Figura. 4.13. Zonas de influencia de cajas de distribución óptica

Fuente: (Elaborado por el autor)

La figura 4.14 muestra el diseño total de la red FTTH con la ubicación de los elementos pasivos, así como también el trayecto de la red feeder y de distribución con sus respectivos elementos.

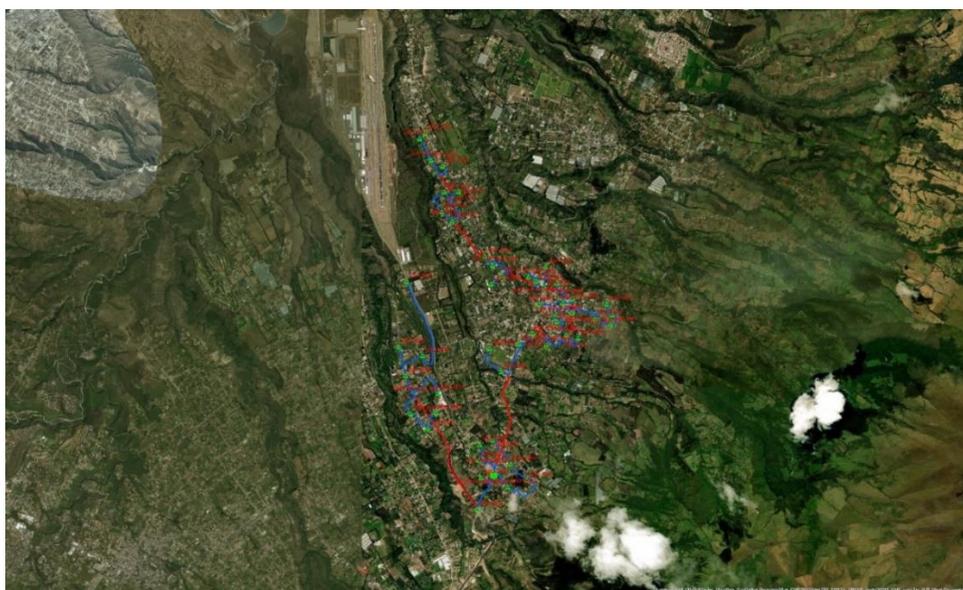


Figura. 4.14. Ubicación de elementos pasivos y recorrido de red feeder y de distribución

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.6. Reservas

Se considera adicionar un 10 % de la longitud total del tendido de la red que corresponde al 5% para reservas del cable y otro 5% que corresponde a la generación de la catenaria.

Las reservas se las dejará en cada punto de empalme, 30 metros de cable por cada 500 metros distribuidas a lo largo del enlace en figura 8 de acuerdo con la normativa actual. Adicional se considera para reservas de cable los cruces en las avenidas, en los cambios de sentido de la ruta o en los puntos de derivación de otras rutas. La Tabla 4.3 describe la cantidad de elementos a utilizar de forma resumida.

Tabla. 4.3. Resumen de elementos pasivos de la red FTTH

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Red feeder (km)	16,5
2	Red de Distribución (km)	42,9
3	Mangas troncales tipo domo	13
4	Splitters troncales	13
5	Cajas de distribución	52
6	Splitter de distribución	52
7	Mangas de empalme	3

Fuente: (Elaborado por el autor)

La Tabla 4.4 muestra la asignación de los hilos de la ruta troncal de 24 hilos y la respectiva derivación desde el puerto de la OLT hacia las cajas de distribución óptica con sus respectivas codificaciones.

Tabla. 4.4. Asignación de hilos ruta feeder fibra óptica 24h

Puerto_OLT	Lambda	Color_hilo_Ruta feeder	Asignacion_Splitter_troncal_1x4	Cod_Ruta_red Distribución	Asignacion_Cajas_Distribucion_1X16
Puerto 1	l1	1	QST 0001	T01-D02	QSD 0002
			QST 0001	T01-D03	QSD 0003
			QST 0001	T01-D04	QSD 0004
			QST 0001	T01-D05	QSD 0005
Puerto 1	l2	2	QST 0011	T11-D12	QSD 0012
			QST 0011	T11-D13	QSD 0013
			QST 0011	T11-D14	QSD 0014
			QST 0011	T11-D15	QSD 0015
Puerto 1	l3	3	QST 0021	T21-D22	QSD 0022
			QST 0021	T21-D23	QSD 0023
			QST 0021	T21-D24	QSD 0024
			QST 0021	T21-D25	QSD 0025
Puerto 1	l4	4	QST 0031	T31-D32	QSD 0032
			QST 0031	T31-D33	QSD 0033
			QST 0031	T31-D34	QSD 0034
			QST 0031	T31-D35	QSD 0035
Puerto 2	l1	5	QST 0041	T41-D42	QSD 0042
			QST 0041	T41-D43	QSD 0043
			QST 0041	T41-D44	QSD 0044
			QST 0041	T41-D45	QSD 0045
Puerto 2	l2	6	QST 0051	T51-D52	QSD 0051
			QST 0051	T51-D53	QSD 0052
			QST 0051	T51-D54	QSD 0053
			QST 0051	T51-D55	QSD 0054
Puerto 2	l3	7	QST 0061	T61-D62	QSD 0062
			QST 0061	T61-D63	QSD 0063
			QST 0061	T61-D64	QSD 0064
			QST 0061	T61-D65	QSD 0065
Puerto 2	l4	8	QST 0071	T71-D72	QSD 0072
			QST 0071	T71-D73	QSD 0073
			QST 0071	T71-D74	QSD 0074
			QST 0071	T71-D75	QSD 0075

CAPITULO 4 IMPLEMENTACION

Puerto_OLT	Lambda	Color_hilo_Ruta feeder	Asignacion_Splitter_trocnal_1x4	Cod_Ruta_red Distribución	Asignacion_Cajas_Distribucion_1X16
Puerto 3	l1	9	QST 0081	T81-D82	QSD 0082
			QST 0081	T81-D83	QSD 0083
			QST 0081	T81-D84	QSD 0084
			QST 0081	T81-D85	QSD 0085
Puerto 3	l2	10	QST 0091	T91-D92	QSD 0092
			QST 0091	T91-D93	QSD 0093
			QST 0091	T91-D94	QSD 0094
			QST 0091	T91-D95	QSD 0095
Puerto 3	l3	11	QST 0101	T101-D102	QSD 0102
			QST 0101	T101-D103	QSD 0103
			QST 0101	T101-D104	QSD 0104
			QST 0101	T101-D105	QSD 0105
Puerto 3	l4	12	QST 0111	T111-D112	QSD 0112
			QST 0111	T111-D113	QSD 0113
			QST 0111	T111-D114	QSD 0114
			QST 0111	T111-D115	QSD 0115
Puerto 4	l1	13	QST 0121	T121-D122	QSD 0122
			QST 0121	T121-D123	QSD 0123
			QST 0121	T121-D124	QSD 0124
			QST 0121	T121-D125	QSD 0125
--	--	14	Backup Proyectos Norte	--	
--	--	15	Pt-Pt dedicados	--	4 longitudes de onda
--	--	16	Pt-Pt dedicados	--	4 longitudes de onda
--	--	17	Reserva	--	
--	--	18	Reserva	--	
--	--	19	Reserva	--	
--	--	20	Reserva	--	
--	--	21	Reserva	--	
--	--	22	Reserva	--	
--	--	23	Reserva	--	
--	--	24	Reserva	--	

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.7. Cálculos de enlace

Para calcular las pérdidas de un enlace óptico se debe considerar a todos los elementos del enlace, que producen atenuaciones las mismas que se contemplan a la atenuación en los cables, empalmes, conectores, y splitters.

Para asociar las pérdidas producidas en los cables ópticos se utiliza la recomendación ITU-T G.656 para los cables troncales y de distribución. Para la red de acceso se toma en consideración a la recomendación ITU-T G.657A2. Las pérdidas por inserción que introduce el cable depende de la ventana de operación que se use, en este caso será la ventana de operación de 1550 nm que introduce una pérdida de 0.35 dB/km que responde al estándar G.656 y 0.3 dB/km para el estándar G 657A2.

Tabla. 4.5. Características ópticas fibra óptica monomodo G.656 y G.657A2

Características ópticas	FIBRA MONOMODO		G-656
	Diámetro del campo modal	7-11 μm (+/- 0,7 μm)	Diámetro núcleo 6 μm
	Diámetro del revestimiento	125 μm (+/- 1 μm)	
	Longitud de onda de corte	1450 nm	
	Atenuación	0,35 en 1550 nm	
	Dispersión cromática	<9,28 ps/nm.km en 1550 nm	
	Zona de dispersión no nula	Desde 1540 a 1560 nm	
	FIBRA MONOMODO		G-657A2
	Diámetro del campo modal	8,4 μm (+/- 0,6 μm)	Diámetro núcleo 6 μm
	Diámetro del revestimiento	125 μm (+/- 0,7 μm)	
	Longitud de onda de corte	1260 nm	
	Atenuación	0,3 en 1550 nm	
	Dispersión cromática	<= 18 ps/nm.km en 1550 nm	
	Zona de dispersión no nula	desde 1300 a 1324 nm	

Fuente: (Elaborado por el autor)

Las pérdidas producidas por los splitters vienen relacionadas con el nivel de división que manejan es decir mientras más alto sea el nivel de división mayor será la atenuación de estos dispositivos. Para este caso y de acuerdo a lo detallado en la tabla 1.2 los splitters troncales 1:4

introducen una pérdida de 6.5 dB y los splitters de distribución introducen una pérdida de 13 dB.

Para el caso de los conectores y de acuerdo con la recomendación ITU-T G.671 insertan generalmente una pérdida de 0.5 dB, y de acuerdo con el diseño se plantean 5 conectores: 1 a la salida del puerto de la OLT, 1 en el ODF, 1 en la NAP, 1 en la caja multimedia y 1 en la ONT.

Las pérdidas en los empalmes de fusión dependen en gran medida con el equipo que se los realice y por lo general cada fusión arroja el valor de 0.1 dB para este análisis se contempla 7 empalmes que se lo realizará primero a la salida del ODF, el segundo y tercero en el splitter troncal, el cuarto en el splitter de distribución, el quinto en la roseta y los dos últimos por empalmes en la red feeder debido a las longitudes de las bobinas de fibra óptica. La figura 4.15 muestra el esquema de fusión y conectorización.

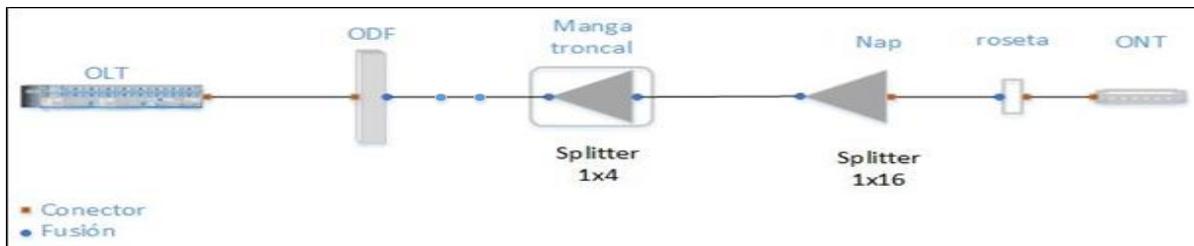


Figura. 4.15. Esquema de pérdidas del enlace óptico

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.7.1. Presupuesto de pérdida óptica

Para realizar el análisis del presupuesto de pérdida óptica se tomará en cuenta a la manga troncal más distante de la red y a un punto de la red de acceso se encuentre más distante respecto a la caja de distribución. Para el cálculo de pérdida óptica se utilizan las ecuaciones descritas en el marco teórico.

- **Atenuación por fibra óptica**

$$A_{fo} = L * \alpha_{fo}$$

$$A_{fo} = 12.3\text{km} * 0.35 \text{ dB/km} = 4.31 \text{ dB}$$

$$A_{fo} = L * \alpha_{fo}$$

$$A_{fo} = 0.3\text{km} * 0.3 \text{ dB/km} = 0.09 \text{ dB}$$

- **Atenuación por empalmes**

$$A_e = N_e * \alpha_e$$

$$A_e = 7 * 0.1\text{dB} = 0.7 \text{ dB}$$

- **Atenuación por conectores**

$$A_c = N_c * \alpha_c$$

$$A_c = 5 * 0.3 = 1.5 \text{ dB}$$

- **Atenuación total**

$$A_t = A_{fo} + A_{ts1} + A_{ts2} + N_e * A_e + N_c * A_c$$

$$A_t = (4.31+0.09) + (6.5+13) + (0.7\text{dB}) + (1.5 \text{ dB})$$

$$A_t = 26.10 \text{ dB}$$

Los sistemas NG PON2 necesitan un multiplexor de longitud de onda que combine los múltiples canales de longitud de onda. En este diseño se considera a este elemento parte de la OLT por lo que la pérdida adicional de este elemento no se lo considera en el presupuesto. La tabla 4.6 describe el presupuesto óptico de potencia.

Tabla. 4.6. Presupuesto óptico

ELEMENTO	CANTIDAD	PÉRDIDA (dB)	PÉRDIDA TOTAL (dB)
CONECTORES	5	0,3	1,5
PUNTOS DE FUSION	7	0,1	0,7
SPLITTER 1ER NIVEL 1X4	1	6,5	6,5
SPLITTER 2DO NIVEL 1X16	1	13	13
FIBRA ÓPTICA			
VENTANA (1550 nm)	LONGITUD (km)	PÉRDIDA (dB/km)	PÉRDIDA TOTAL (dB)
G.656	12,3	0,35	4,31
G. 657 A2	0,3	0,3	0,09
TOTAL			26,10

Fuente: (Elaborado por el autor)

Como se puede apreciar el presupuesto óptico en base a los cálculos obtenidos se encuentra dentro de los márgenes de pérdida óptica que tolera el estándar NG PON2, cabe mencionar que se debe considerar un margen de 3dB como guarda.

4.7.2. Cálculo de potencia

La recomendación ITU T G.989 enmienda 2 establece valores máximos y mínimos de los parámetros técnicos para NG PON2.

Tabla. 4.7. Parámetros ópticos ITU G. 989

ITU G.989					
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR NOMINAL			
OLT					
ODN		N1	N2	E1	E2
Potencia de TX (MIN)	dBm	+3	+5	+7	+9
Potencia de TX (MAX)	dBm	+7	+9	+11	+11
Sensibilidad (Min)					
Enlace tipo A	dBm	-26	-28	-30,5	-32,5
Enlace tipo B	dBm	-30	-32	-34,5	-36,5

ITU G.989					
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR NOMINAL			
ONT					
ODN					
Potencia de TX (MIN)					
Enlace tipo A	dBm	+4	+4	+4	+4
Enlace tipo B	dBm	0	0	0	0
Potencia de TX (MAX)					
Enlace tipo A	dBm	+9	+9	+9	+9
Enlace tipo B	dBm	+5	+5	+5	+5
Sensibilidad (Min)	dBm	-28	-28	-28	-28

Fuente: (Elaborado por el autor)

Con los parámetros establecidos en la tabla. 4.7 y con la ecuación 15 se procede a realizar el cálculo respectivo. Para lo cual se escoge el nivel de potencia de transmisión más bajo a fin de garantizar que la red operará con condiciones mínimas de potencia en el peor de los casos.

$$P_{RX} = P_{TX} - \alpha_{total}$$

$$P_{RX} = 3 \text{ dBm} - 26.10 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -23.1 \text{ dB}$$

El margen del sistema se calcula en base a la ecuación 14.

$$M_s = P_{rx} - S_{rx}$$

$$M_s = 26.10 \text{ dB} - 28 \text{ dBm}$$

$$M_s = 4.9 \text{ dB}$$

Como se puede observar el resultado obtenido en el cálculo de potencia realizado se encuentra dentro del rango de sensibilidad que soportan los equipos.

4.7.3. Longitud máxima del enlace óptico

En base a la ecuación 16 se realiza el respectivo cálculo. Los datos de potencia, sensibilidad y pérdida óptica se los ha tomado de las tablas 4.6 y 4.7.

$$D \leq \frac{(P_{min} - S_r - M_G) - (At_{s1} + At_{s2}) - (N_e * A_e) - (N_c * A_c)}{A_{fo}}$$

$$D \leq \frac{(3 \text{ dBm} - (-28 \text{ dB}) - 3\text{dB}) - (6.5\text{dB} + 13\text{dB}) - (0.1\text{dB} * 7) - (0.3\text{dB} * 5)}{0.35\text{dB/km}}$$

$$D \leq 18.9 \text{ km}$$

De acuerdo al resultado obtenido se observa la distancia máxima a la que se podrá desplegar los enlaces de la red FTTH, en el diseño el enlace más distante se encuentra a 12.6 km por lo que es factible en base al diseño planteado su implementación.

4.8. Planimetría

Red Planta externa

A continuación, la figura 4.16 muestra del diseño a detalle del recorrido de la red feeder que es utilizado por el personal de planta externa para su posterior despliegue.

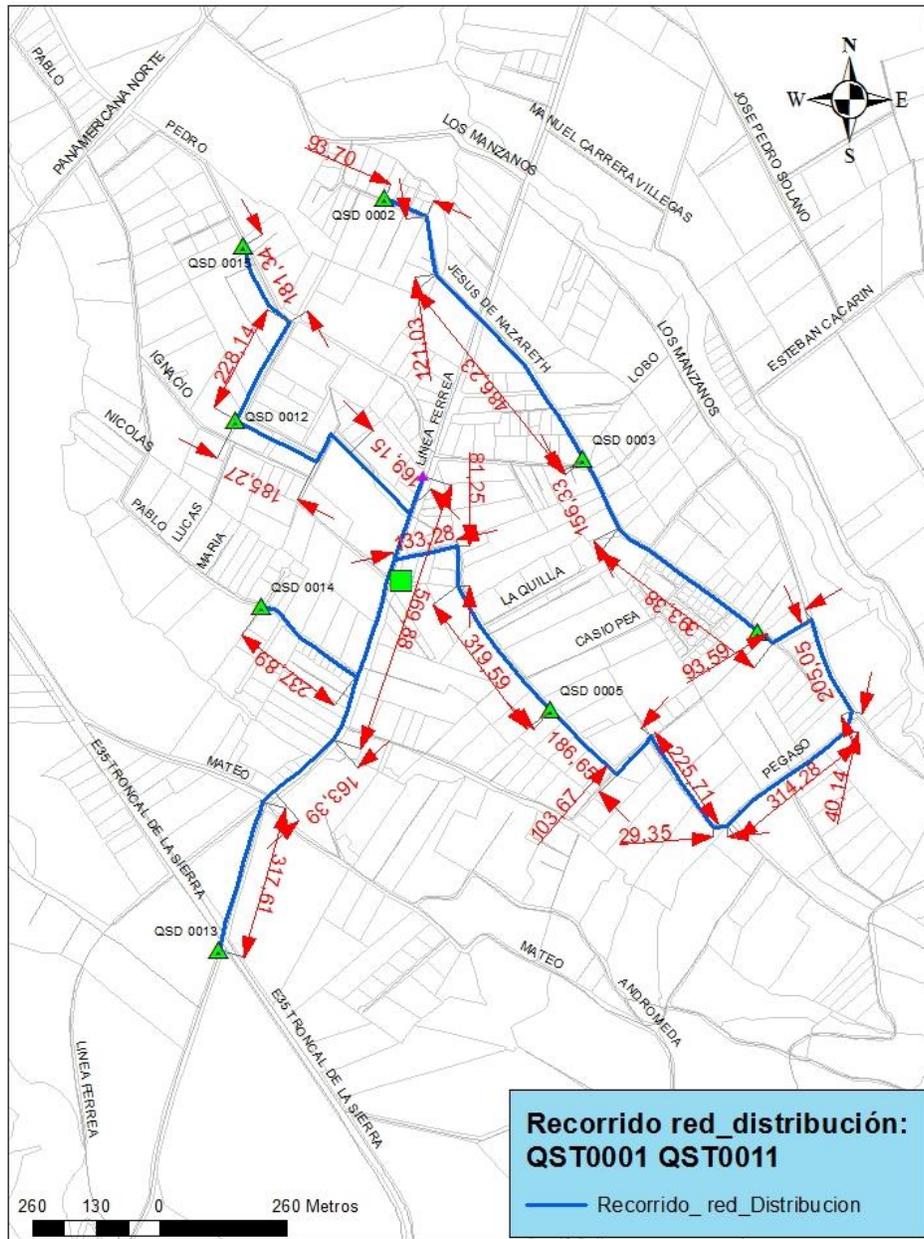


Figura. 4.17. Planimetría de red de distribución

Fuente: (Elaborado por el autor)

La planimetría para el resto de tramos de red de distribución se los puede observar en los anexos respectivos.

Diagrama de instalación de elementos pasivos

La figura 4.18 describe la manera en la cual deben de ir instalados de los diferentes elementos pasivos en el poste acorde la normativa desarrollada para el despliegue de redes físicas de telecomunicaciones.

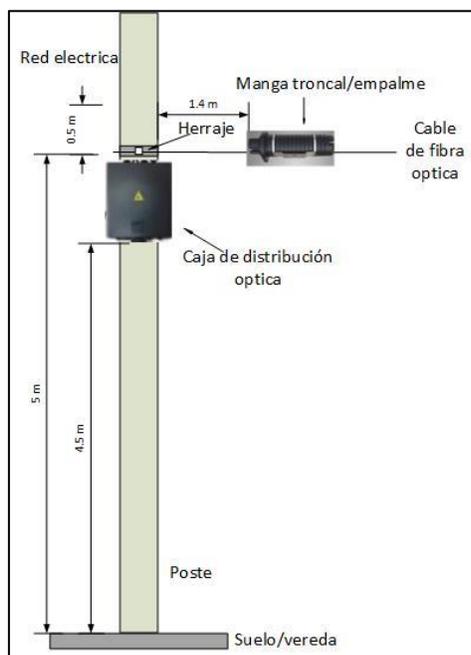


Figura. 4.18. Ubicación de elementos pasivos en el poste

Fuente: (Elaborado por el autor)

Ubicación de infraestructura y equipos en armario de telecomunicaciones

La figura 4.19 muestra la ubicación en la terraza en donde ha sido alquilado un espacio para la instalación del nodo óptico. El armario de comunicaciones seleccionado es de 10U en el cual se alojarán a los equipos conforme la posición descrita en esta figura.

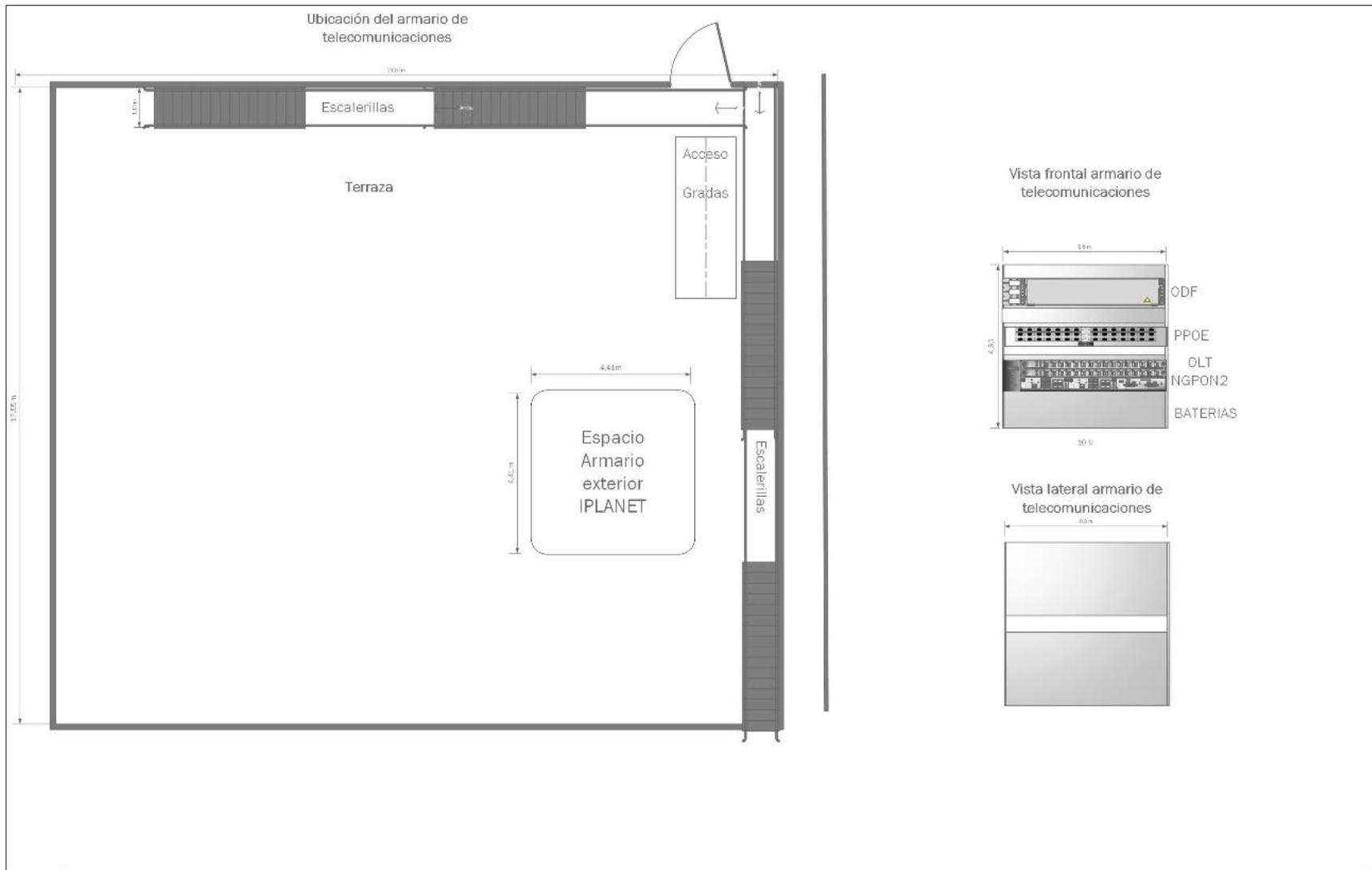


Figura. 4.19. Ubicación de infraestructura del nodo óptico

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.8.2. Registro de infraestructura de red

Previo a la instalación de la red FTTH se debe realizar el respectivo registro de ampliación de infraestructura de telecomunicaciones para la prestación del servicio en la Arcotel conforme lo establece la normativa vigente y lo ratifican las obligaciones que se encuentran estipuladas en el respectivo título habilitante que posee la empresa. Para realizar dicho registro se han establecido los respectivos formularios técnicos en los cuales se deben describir los nodos principales y secundarios, su respectivo equipamiento, los enlaces físico o inalámbricos de ser el caso, el nombre de la empresa portadora en el caso que no se posea infraestructura propia, así como también la capacidad internacional contratada, la cobertura, entre otros aspectos técnicos. Por el tamaño de estos formularios se los considero insertarlos como anexos.

Un diseño de red adecuado de red comprende también a su respectivo enlace de Backup del enlace principal que alimenta al nodo de manera que cierre un anillo de fibra óptica a través de la periferia por lo cual los costos aumentan considerablemente. Una solución a esta carencia es la de implementar un enlace inalámbrico de alta capacidad que ayude a mantener el servicio en el nodo por alguna eventualidad con la fibra óptica de backbone.

Como se mencionó anteriormente los enlaces inalámbricos también deben ser registrados, para lo cual se debe realizar el respectivo estudio técnico en el software AVIS proporcionado por la ARCOTEL para la elaboración de estos estudios.

A continuación, se muestran las pantallas que se utilizaron para elaboración del estudio técnico del enlace inalámbrico.

El aplicativo permite la elaboración de dos tipos de sistemas: radio de dos vías y sistemas que utilicen modulación digital de banda ancha, se escoge este último que aplica para este caso como se lo aprecia en la figura 4.20.



Figura. 4.20. Aplicativo para la realización de estudios técnicos de radiofrecuencia

Fuente: (Elaborado por el autor)

El aplicativo proporciona los respectivos formularios para la elaboración de los estudios técnicos de radiofrecuencia para MDBA, los cuales conforme se avanza en el software se completa la información de los sistemas: como estructuras, frecuencias de operación, equipamiento, antenas, modulación, polarización, potencia, entre otros parámetros técnicos, los cuales se los puede visualizar el parte de anexos. También el aplicativo proporciona la posibilidad de validar la información antes de concluir el estudio. En la figura 4.21 se muestra los diferentes formularios que deben ser completados.

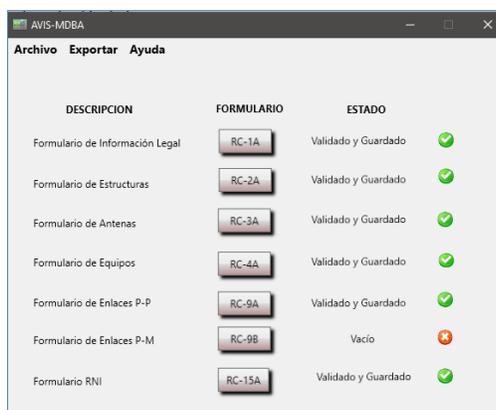


Figura. 4.21. Pantalla principal del aplicativo AVIS que contienen a los formularios técnicos

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.8.3. Registro de georreferenciación de la red

De acuerdo a la normativa vigente las empresas y empresas que prestan servicios de telecomunicaciones en general deben de presentar la información de georreferenciada de sus redes físicas para lo cual el diseño georreferenciado realizado de este proyecto mediante el software ARCGIS servirá en la presentación de esta información ante la ARCOTEL pues los campos con información geográfica y técnica que alimentan a las tablas de atributos del diseño fueron realizados conforme los instructivos que para su efecto ha establecido la ARCOTEL.

En las figuras 4.22 y 4.23 así como también en los anexos se muestran la información cargada en las tablas de atributos conforme lo solicita esta entidad de regulación.

Fin*	Shape*	prop	id	iden_punto	cod	cod	cod	provinci	canto	parroqui	direccion	longitud	latitud	operadora	estado	tipo servi	tipo punto	desc punto	situacion
1	Punto ZM <Nulo>	1	NODO OYAM	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Calle Principal y Ca	-78,33125	-0,19641	iplanet	a	sai	elemento_activo	nodo_optico	n	
2	Punto ZM <Nulo>	2	QMF 001	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Federico Gonzales	-78,315705	-0,18692	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	manga_de_empalme	n	
3	Punto ZM <Nulo>	3	QMF 002	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	San Vicente, 5 de	-78,33592	-0,142443	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	manga_de_empalme	n	
4	Punto ZM <Nulo>	4	QMF 003	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Federico Gonzales	-78,315853	-0,162845	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	manga_de_empalme	n	
5	Punto ZM <Nulo>	5	QST 001/QS	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	Quito y San Pedro	-78,330853	-0,194471	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
6	Punto ZM <Nulo>	6	QST 002/QS	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	24 de septiembre y	-78,347466	-0,179925	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
7	Punto ZM <Nulo>	7	QST 0041	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Via a Yaruqui y Ca	-78,325574	-0,170309	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
8	Punto ZM <Nulo>	8	QST 0051	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Sector tambillo de	-78,317847	-0,169256	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
9	Punto ZM <Nulo>	9	QST 0061	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Eugenio Espejo y S	-78,31863	-0,162902	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
10	Punto ZM <Nulo>	10	QST 0071	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Eugenio Espejo y S	-78,310343	-0,16394	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
11	Punto ZM <Nulo>	11	QST 0081	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Antonio Sucre y H	-78,317423	-0,159496	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
12	Punto ZM <Nulo>	12	QST 0091	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Hugo Ortiz y Calle	-78,322847	-0,158229	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
13	Punto ZM <Nulo>	13	QST 0101	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Hugo Ortiz y Luis P	-78,330901	-0,153684	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
14	Punto ZM <Nulo>	14	QST 0111	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	5 de abril entre Lui	-78,339718	-0,141864	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
15	Punto ZM <Nulo>	15	QST 0121	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Eduardo Espejo y	-78,344019	-0,132533	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	splitter	n	
16	Punto ZM EEQ	16	QSD 0002	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	Via al Vergel	-78,331563	-0,189328	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
17	Punto ZM EEQ	17	QSD 0003	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	San Pedro y Calle	-78,327901	-0,194168	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
18	Punto ZM EEQ	18	QSD 0004	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Calle S/N y Calle S/	-78,324709	-0,197368	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
19	Punto ZM EEQ	19	QSD 0005	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Via a Oyambaro y	-78,32325	-0,190814	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
20	Punto ZM EEQ	20	QSD 0012	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	Via a San Carlos	-78,334285	-0,193431	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
21	Punto ZM EEQ	21	QSD 0013	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	Via el Quinche Pifo	-78,334582	-0,203265	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
22	Punto ZM EEQ	22	QSD 0014	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	San Pablo y Quito	-78,333813	-0,196897	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
23	Punto ZM EEQ	23	QSD 0015	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	San pedro y calle	-78,334149	-0,190204	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
24	Punto ZM EEQ	24	QSD 0022	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	Pedro Maldonado y	-78,344553	-0,187	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
25	Punto ZM EEQ	25	QSD 0023	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	Tulio Garzon y Call	-78,347926	-0,184039	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
26	Punto ZM EEQ	26	QSD 0024	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	29 de Abril y Cond	-78,342858	-0,183867	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	
27	Punto ZM EEQ	27	QSD 0025	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	Nicolas Baquero y	-78,342489	-0,179939	iplanet	a	sai	elemento_pasivo	caja_de_distribucion	n	

Figura. 4.22. Atributos de elementos de red FTTH

Fuente: (Elaborado por el autor)

CAPITULO 4 IMPLEMENTACION

Tramos_enlace																															
FID	Sha	cod_enl	opera	cod	cod	provincia	canton	parroquia	esta	num	dim	num	dim	c	tipo_cable	num	distancia	duc	duc	es	cap	cap	ut	num	num	h	tipo	s	tipo	enl	situacio
1	Polii	RB-F01	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	4680,0247	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	24	13	sai	rtf	n				
2	Polii	F01-F02	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	4971,0374	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	24	13	sai	rtf	n				
3	Polii	F02-FTY	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	1437,3715	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	24	13	sai	rtf	n				
4	Polii	RB-FTT	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	3924,4773	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	24	13	sai	rtf	n				
5	Polii	F03-T71	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	841,77012	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
6	Polii	F03-T81	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	348,47221	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
7	Polii	T01-D02	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	688,66281	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
8	Polii	T01-D03	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	368,95704	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
9	Polii	T01-D04	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	867,81361	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
10	Polii	T01-D05	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	718,31450	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
11	Polii	T11-D02	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	566,05780	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
12	Polii	T11-D13	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	1083,4808	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
13	Polii	T11-D14	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	686,39918	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
14	Polii	T11-D15	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	981,13633	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
15	Polii	T21-D22	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	1007,1816	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
16	Polii	T21-D23	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	608,99393	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
17	Polii	T21-D24	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	855,6272	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
18	Polii	T21-D25	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	953,46585	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
19	Polii	T31-D32	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	1100,2431	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
20	Polii	T31-D33	Iplanet	17	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	3441,1180	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
21	Polii	T31-D34	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	1152,8918	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
22	Polii	T31-D35	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	439,60391	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
23	Polii	T41-D32	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	1613,1990	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
24	Polii	T41-D33	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	889,73590	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
25	Polii	T41-D34	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	113,26439	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				
26	Polii	T41-D35	Iplanet	17	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<Nulo	<Nulo	<Nulo	<Nulo	fibra optica	1	362,67880	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	<Nulo>	2	1	sai	rtf	n				

Figura. 4.23. Atributos de ruta feeder y de distribución

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.8.4. Instalación y configuración de equipamiento activo y pasivo

La figura 4.24 muestra la instalación del equipamiento activo del nodo óptico esto es: PPPoE server y la OLT. Además, también se observa al distribuidor de fibra óptica en el cual ingresan los hilos de fibra del cable exterior y se los conecta a la OLT mediante latiguillos de fibra.



Figura. 4.24. Ubicación de equipos en armario de telecomunicaciones

Fuente: (Elaborado por el autor)

La gestión de los elementos asociados a la OLT se los realiza a través del software de monitoreo de la OLT. A continuación, la figura 4.25 muestra la topología de la red, en la cual se aprecia los niveles de división y la referencia del chasis, tarjeta y el puerto de la OLT en la cual se encuentra conectada una ONT.

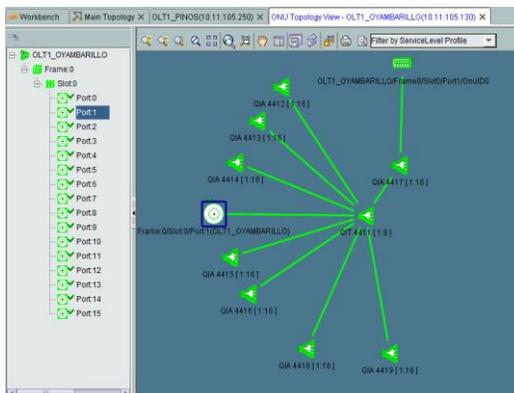


Figura. 4.25. Topología en software de gestión

Fuente: (Elaborado por el autor)

El software de gestión también permite la visualización de los parámetros ópticos que recibe la ONT como se lo aprecia en la figura 4.26.

Status	Operation Status	Config Status	Frame	Slot	Port	ONU ID	Name	Alias	Vendor ID
●	Activate	Normal	0	0	0	0	OLT1_OYAMB...	QIA 4406 ESPINOZA OSORIO GUILLERMO LEON...	HWTC
●	Activate	Normal	0	0	0	1	OLT1_OYAMB...	QIA 4407 PARIGUAMAN QUILUMBA FREDY PAUL	HWTC
●	Activate	Normal	0	0	0	2	OLT1_OYAMB...	QIA 4404 TOLAGASI CAIZA MARIO FERNANDO	HWTC
●	Activate	Normal	0	0	0	3	OLT1_OYAMB...	QIA 4404 VARGAS ESTRELLA JAVIER VICENTE	HWTC
●	Activate	Normal	0	0	0	4	OLT1_OYAMB...	QIA 4407 AGRICOLA BAQUERO AGROBAQUERO...	HWTC
●	Activate	Normal	0	0	1	0	OLT1_OYAMB...	QIA 4417 PROAÑO VERGARA VICTOR HUGO	HWTC

FEC Details		Line Profile	Service Profile	Alarm Profile	Multicast Forwarding Entry	IP Host	POTS User	WAN Interface	RTP Interface
Tx optical power Warning upper threshold (dbm)								= 6	
Tx optical power Warning lower threshold (dbm)								= 0	
Rx Optical Power (dbm)								= -20.45	
Rx optical power alarm upper threshold (dbm)								= 1	
Rx optical power alarm lower threshold (dbm)								= -28	
Rx optical power Warning upper threshold (dbm)								= -1	
Rx optical power Warning lower threshold (dbm)								= -27	
Voltage (V)								= 3.28	
Supply voltage alarm upper threshold (V)								= 3.63	
Supply voltage alarm lower threshold (V)								= 2.97	
Supply voltage Warning upper threshold (V)								= 3.47	
Supply voltage Warning lower threshold (V)								= 3.14	
OLT Rx ONU Optical Power (dbm)								= -22.52	
CATV Rx Power (dbm)								= --	

Figura. 4.26. Parámetros ópticos de la ONT perteneciente a un cliente

Fuente: (Elaborado por el autor)

En la figura 4.27 muestra la configuración general del PPPoE server, y las conexiones de los clientes asociados.

Interface	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx	FP Rx	FP Tx Packet	FP Rx Packet
R	Lo	1500	65535	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
R	Loopback	1500	65535	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
R	PoD-DIST	1500	1598	189.6 kbps	543.6 kbps	45	62	0 bps	0 bps	670.8 kbps	0 bps
R	ser58-DIST_Oyambarillo	1500	1594	203.5 kbps	619.8 kbps	70	81	0 bps	0 bps	619.8 kbps	0 bps
R	ether1	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
R	ether2	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
R	ether3	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
R	ether4	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
R	ether5	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
R	ether6	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
R	ether7	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
RS	ether8	1500	1598	185.1 kbps	4.9 kbps	39	0	200.9 kbps	0 bps	6.3 kbps	0 bps
RS	ether9	1500	1598	4.5 kbps	538.7 kbps	6	54	4.7 kbps	0 bps	616.0 kbps	0 bps
R	ether10	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
R	ser10-LT_Oyambarillo	1500	1600	623.2 kbps	40.3 kbps	75	56	623.2 kbps	0 bps	40.3 kbps	0 bps
R	ser10-LT-Admin-Home	1500	1596	620.8 kbps	38.5 kbps	75	56	620.8 kbps	0 bps	38.5 kbps	0 bps
DR	pppoe-fmax0152d	1480		580.1 kbps	21.3 kbps	57	37	0 bps	0 bps	21.3 kbps	0 bps
DR	pppoe-fmax01ka5	1480		0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
DR	pppoe-fmax01kk5	1480		3.5 kbps	3.4 kbps	6	7	0 bps	0 bps	3.4 kbps	0 bps
DR	pppoe-fmax01kk6	1480		4.8 kbps	3.3 kbps	10	10	0 bps	0 bps	3.3 kbps	0 bps
DR	pppoe-fmax01ms	1480		0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps
DR	pppoe-fmax01r1	1480		0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0 bps

Figura. 4.27. Configuración del PPPoE server

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.8.5. Instalación de elementos de la red feeder y de distribución

La figura 4.28 muestra la instalación del splitter de segundo nivel dentro de la caja de dispersión óptica para su posterior instalación en el poste, de acuerdo a la ubicación establecida en el diseño.



Figura. 4.28. Instalación de plotter e instalación de caja en poste

Fuente: (Elaborado por el autor)

En la figura 4.29 se aprecia la colocación del splitter de primer nivel dentro de manga troncal y su sujeción de la misma en el poste acorde los lineamientos de instalación.

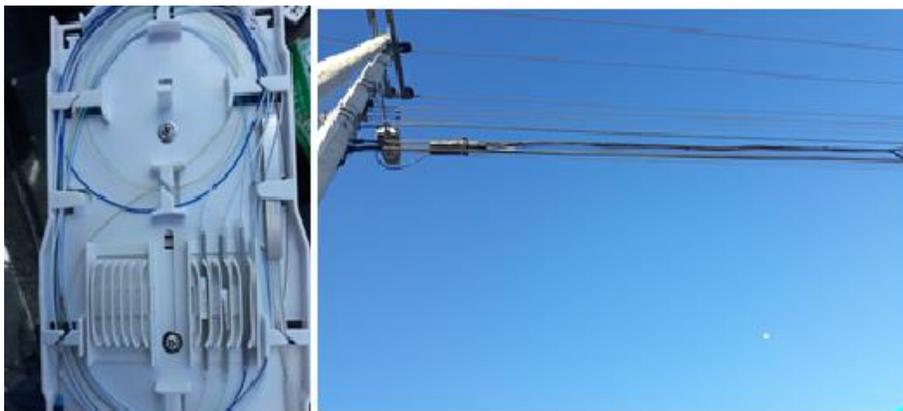


Figura. 4.29. Reserva de fibra óptica y manga troncal

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.9. Pruebas de funcionamiento

La figura 4.30 muestra la medición de potencia realizada en dos cajas de distribución óptica que pertenecen a la red del nodo óptico de Oyambarillo y de las cuales se desprende las conexiones físicas hacia los clientes.



Figura. 4.30. Medición de potencia en cajas de distribución óptica (QSD 0014 y QSD 0015)

Fuente: (Elaborado por el autor)

4.10. Análisis de resultados

De la medición de potencia realizada en las cajas de distribución óptica QSD 0014 (-19.64 dBm y QSD 0015 (-20.50 dBm), y de lo observado en los parámetros ópticos de la ONT (-20,45) de un cliente a través del software de gestión, se concluye que los parámetros de instalación se encuentran por debajo de los valores máximos de potencia obtenidos anteriormente mediante cálculos con el enlace más distante del diseño, esta diferencia que se presenta en términos de potencia de recepción entre las mediciones y el cálculo es debida a la distancia a la cual se encuentran instaladas las cajas de distribución óptica que son mucho menores, con lo que se tendrá un promedio aproximado de niveles de potencia recibida de -20.05 dBm en todas las cajas, y la red no presentará inconvenientes al transmitir altas velocidades conforme las necesidades de los clientes.

CONCLUSIONES

De la investigación y pruebas realizadas se concluye que el proyecto es viable técnicamente, debido a que los parámetros obtenidos se encuentran dentro de las condiciones normales de operación de los elementos activos de la red, además las distancias de instalación de toda la red física no superan el valor límite de distancia máxima obtenida mediante cálculo lo que garantiza un funcionamiento óptimo de la red.

Para una empresa que se encuentra en una etapa de crecimiento acelerado significa ahorro de dinero en un aproximado del 70 % debido a que solo se cambian los extremos de la red, y en base a esta investigación se ha evidenciado que la mayor parte de dinero se invierte en los elementos y en el despliegue de red de planta externa. De la misma manera se concluye que se optimiza el tiempo en casi un 90% pues no existen cambios considerables que involucren gran cantidad de tiempo en modificaciones a nivel de toda la red.

Anteriormente para la registrar la información ante el órgano de control, se lo realizaba mediante diferentes formularios diseñados en hojas de cálculo. Actualmente esta entidad ha desarrollado una base de datos en línea, de la cual se ha hecho uso y que se evidencia la optimización del tiempo en la entrega y registro de la información a esta entidad.

El tipo de fibra óptica escogida basado en el estándar ITU G.656, contribuye a un adecuado funcionamiento de la red, debido que presenta mejores parámetros de atenuación y dispersión con lo cual en caso de grandes distancias y altas velocidades se evita el uso de compensadores de dispersión.

El uso especializado del Arcgis combinado con el REDATAM del INEC contribuye a realizar un diseño adecuado de la red que permite la evaluación de varios indicadores como población, vivienda, hacinamiento, que anteriormente en la empresa no se lo tomaba en cuenta para el diseño de las redes.

RECOMENDACIONES

Para un adecuado diseño en base al estándar NG PON2 se debe mantener una relación de 1:64 para equilibrar sus compensaciones en velocidad y distancia. La relación de división es un factor muy importante si se desea alcanzar mayores distancias se deberá aplicar relaciones de división más bajas.

Al momento de adquirir una OLT NGPON2 esta debe de traer embebido el elemento multiplexor de longitud de onda, así como también incluir el elemento de coexistencia para su compatibilidad con otros estándares GPON y así evitar adquirir equipamiento extra.

Para evitar costos por licencias en sistemas de información geográfica para georreferenciar las redes de fibra óptica se debe procurar utilizar software libre. En el mercado existen varias aplicativos de similares características de procesamiento de información que se equiparan a los de un software licenciado.

Al momento de realizar el tendido de la red se obedecer las normativas y procedimientos técnicos que se han desarrollado para la instalación y despliegue de las redes con la finalidad de asegurar un adecuado desempeño de la red en general.

BIBLIOGRAFIA

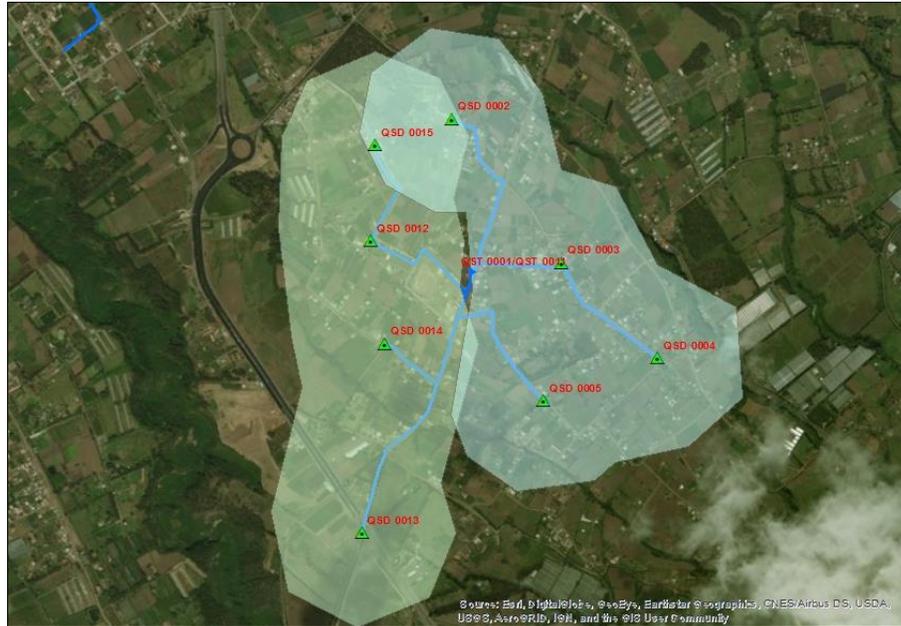
- Alcatel-Lucent. (2008). Sistemas y Redes de Fibra optica. *Sistemas y Redes de Acceso*, (págs. 2-51).
- ALTICE LABS. (s.f.). *ALTICE LABS*. Obtenido de http://www.alticelabs.com/content/products/BR_NGPON2_ALB_EN.pdf
- ARCOTEL. (2010). *NORMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACION DE SISTEMAS DE MODUCLACION DIGITAL DE BANDA ANCHA*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/11/Norma+MDBA.pdf>
- ARCOTEL. (26 de octubre de 2015). Obtenido de ARCOTEL: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/02/029_norma-tecnica-despliegue-redes-fisicas-servicios-telecomunicaciones.pdf
- ARCOTEL. (2017). *INSTRUCTIVO PARA LA ENTREGA DE LA INFORMACIÓN GEO REFERENCIADA DE LAS REDES FISICAS DE LOS SERVICIOS DEL REGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS*. Obtenido de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/Instructivo_georeferenciacion.pdf
- ARCOTEL. (s.f.). *Formularios registro de Modificación y Ampliación de Infraestructura ATH*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/formulario-de-registro-de-infraestructura-modificaciones-y-ampliaciones/>
- CALIX. (s.f.). Next-Generation PON. *Eliminating physical constraints from the access network*, (págs. 1-4).
- CNT E.P. (2012). *NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA OPTICA.*, (págs. 1-101).
- ESRI. (2016). *Introducción al tutorial de representaciones cartográficas*. Obtenido de ARCGIS FOR DESKTOP.

- ESRI. (2016). *Usar herramientas de geoprocetamiento para representaciones*. Obtenido de ARCGIS FOR DESKTOP.
- FTTH FIBER TO THE HOME. (2016). Fiber to the home in Latin American Market to december 2015 and forecast to 2020. *FTTH PANORAMA LATAM*, (págs. 3-24).
- Henao, J. S. (s.f.). *TECNOLOGIAS DE REDES PON*. Manizales.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS. (s.f.). *Proyecciones poblacionales*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- International Telecommunication Union. (2010). Optical Access Transmission. *XG-PON system aspects*, (págs. 1-19). Lisbon.
- International Telecommunication Union. (2015). 40-Gigabit-capable passive optical networks. *TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS*, 1-23.
- International Telecommunication Union . (2013). 40-Gigabit-capable passive optical networks NG PON2: General requirements. *TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS*, 1-26.
- Jun Shan Wey, D. N. (enero de 2016). *The Optical Society of America*. Obtenido de https://www.osapublishing.org/DirectPDFAccess/F8A68B87-DCA4-556E-CB647C7D11572A0D_335168/jocn-8-1-33.pdf?da=1&id=335168&seq=0&mobile=no
- MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO. (2017). Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/Acuerdo-017-2017.compressed.pdf>
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMACION. (s.f.). *PROYECCIONES Y ESTUDIOS DEMOGRAFICOS*. Obtenido de <http://sni.gob.ec/proyecciones-y-estudios-demograficos>
- Trend. (2013). Power consumption of Next- Generation pasive optical Network., (págs. 1-16). Brussels.

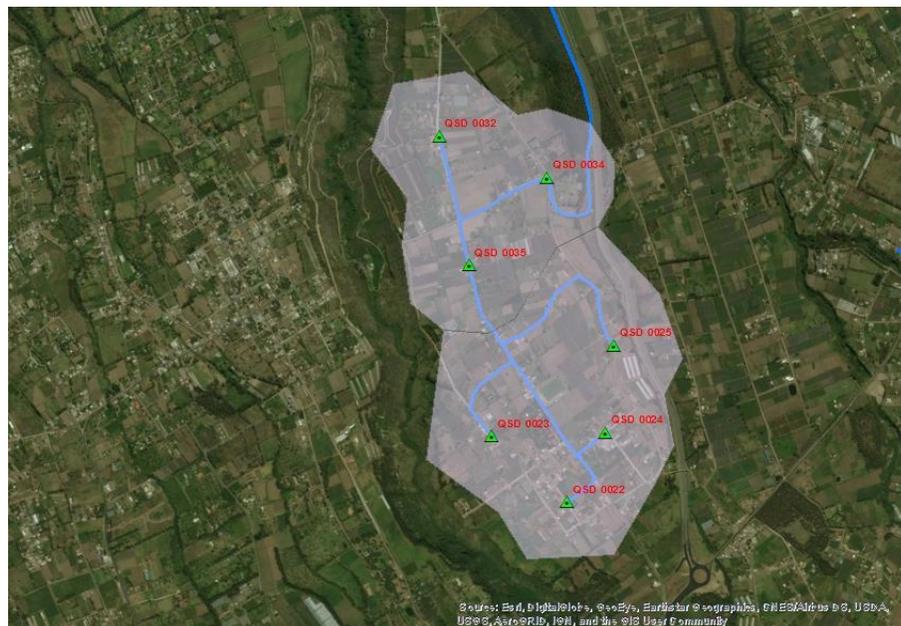
ANEXOS

Anexo A. Coberturas de cajas de Distribución óptica

Zona 0-zona 1



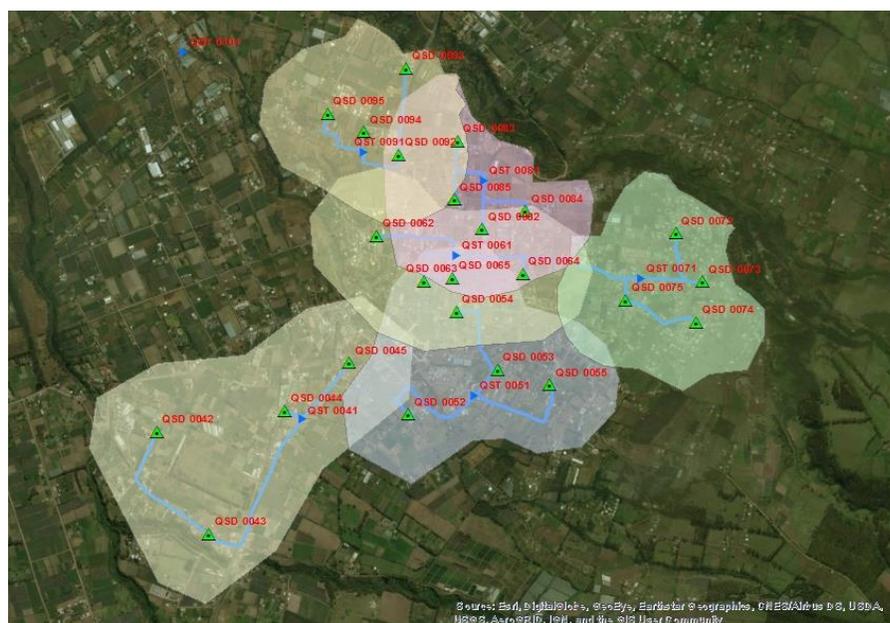
Zona 2-zona 3



Zona 4



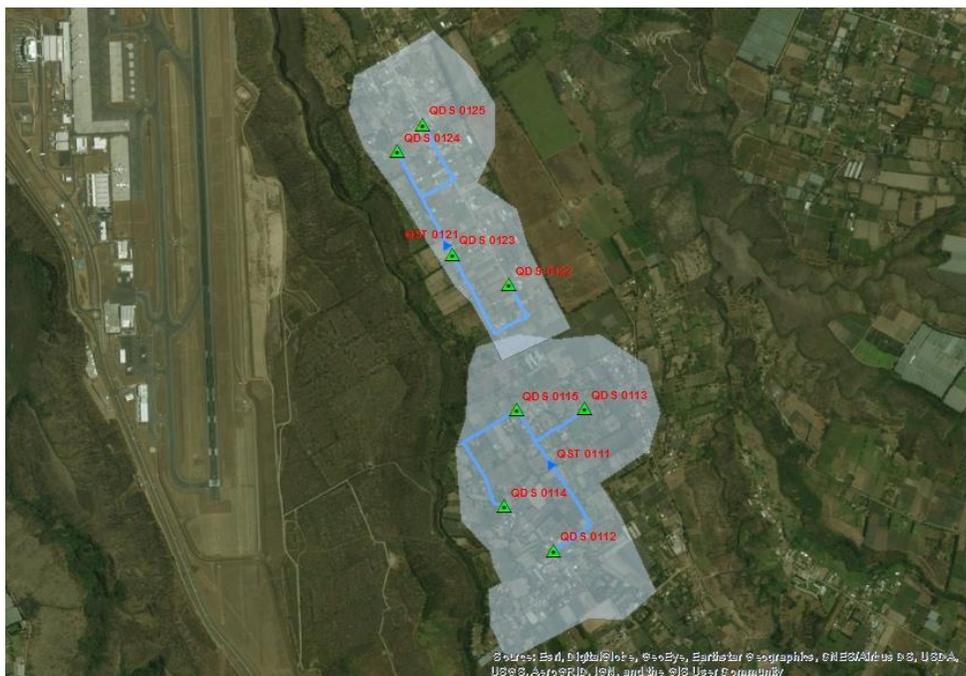
Zona 5-zona 6-zona 7-zona 8-zona 9-zona 10



Zona 11



Zona 12-zona 13



Anexo B. Formularios técnicos para la modificación y/o ampliación de la infraestructura de telecomunicaciones

FO-CTDS-01

Código: FO-CTDS-01	UNIDAD ADMINISTRATIVA: DIRECCIÓN TÉCNICA DE TÍTULOS HABILITANTES DE SERVICIOS Y REDES DE TELECOMUNICACIONES (CTDS)	 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
Versión: 1.0	DATOS DE INFORMACIÓN GENERAL PARA LA MODIFICACIÓN O AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL TÍTULO HABILITANTE PARA SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET	
1. DATOS GENERALES DEL SOLICITANTE		
TIPO DE PERSONA JURÍDICA		
EMPRESA PÚBLICA O INSTITUCIÓN DEL SECTOR PÚBLICO		
1.1. DATOS GENERALES PERSONA NATURAL O JURÍDICA DE DERECHO PRIVADO		
PERSONA NATURAL		
NOMBRES Y APELLIDOS		
CEDULA DE CIUDADANÍA		
R.U.C.		
PERSONA JURÍDICA DE DERECHO PRIVADO		
NOMBRES Y APELLIDOS		
R.U.C.		
REPRESENTANTE LEGAL		
CEDULA DE CIUDADANÍA		
1.2. DATOS GENERALES PERSONA JURÍDICA (EMPRESA PÚBLICA O INSTITUCIÓN DEL SECTOR PÚBLICO)		
PERSONA JURÍDICA DEL SECTOR PÚBLICO (EMPRESA O INSTITUCIÓN PÚBLICA)		
NOMBRES Y APELLIDOS		
R.U.C.		
REPRESENTANTE LEGAL		
CEDULA DE CIUDADANÍA		
PERSONA TÉCNICA RESPONSABLE DEL PROYECTO		
NOMBRES Y APELLIDOS		
TELÉFONO		
CORREO ELECTRÓNICO		
Nota: El Proyecto Técnico debe ser elaborado por un Ingeniero en Electrónica y/o Telecomunicaciones.		

FO-CTDS-02

Código FOCTDS	UNIDAD ADMINISTRATIVA DIRECCIÓN TÉCNICA DE TÍTULOS DE HABILITANTES DE SERVICIOS Y REDES DE TELECOMUNICACIONES (CTDS)	
Versión 1.0	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE COBERTURA, NODOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS Y EQUIPAMIENTO	

1. NODOS PRINCIPALES

NODOS PRINCIPALES			
ID	NOMBRE	COORDENADAS	TIPO
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

2. NODOS PRINCIPALES, SECUNDARIOS

Notas: Presentar el tipo de equipo, sus características técnicas y el modelo de fabricante de cada uno de los equipos.

NODOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS															
ID	NOMBRE	COORDENADAS DEL NODO	PROTECCIÓN	TIPO DE EQUIPO	FABRICANTE	DESCRIPCIÓN	Q	M	N	L	U	V	W	X	Y
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Notas: Presentar el tipo de equipo, sus características técnicas y el modelo de fabricante de cada uno de los equipos.

NODOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS															
ID	NOMBRE	COORDENADAS DEL NODO	PROTECCIÓN	TIPO DE EQUIPO	FABRICANTE	DESCRIPCIÓN	Q	M	N	L	U	V	W	X	Y
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Notas: Presentar el tipo de equipo, sus características técnicas y el modelo de fabricante de cada uno de los equipos.

EQUIPOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS				
ID	DESCRIPCIÓN EQUIPO	TIPO	DESCRIPCIÓN EQUIPO	DESCRIPCIÓN EQUIPO
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Notas: Presentar el tipo de equipo, sus características técnicas y el modelo de fabricante de cada uno de los equipos.

EQUIPOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS				
ID	DESCRIPCIÓN EQUIPO	TIPO	DESCRIPCIÓN EQUIPO	DESCRIPCIÓN EQUIPO
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Notas: Presentar el tipo de equipo, sus características técnicas y el modelo de fabricante de cada uno de los equipos.

EQUIPOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS				
ID	DESCRIPCIÓN EQUIPO	TIPO	DESCRIPCIÓN EQUIPO	DESCRIPCIÓN EQUIPO
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Notas: Presentar el tipo de equipo, sus características técnicas y el modelo de fabricante de cada uno de los equipos.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

Notas: Presentar el tipo de equipo, sus características técnicas y el modelo de fabricante de cada uno de los equipos.

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	
ID	DESCRIPCIÓN
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...

Notas: Presentar el tipo de equipo, sus características técnicas y el modelo de fabricante de cada uno de los equipos.

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	
ID	DESCRIPCIÓN
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...

Notas: Presentar el tipo de equipo, sus características técnicas y el modelo de fabricante de cada uno de los equipos.

Código: FO-CTDS-03	UNIDAD ADMINISTRATIVA: DIRECCIÓN TÉCNICA DE TÍTULOS HABILITANTES DE SERVICIOS Y REDES DE TELECOMUNICACIONES (CTDS)	
Versión: 1.0	DESCRIPCIÓN DE ENLACES DE CONEXIÓN INTERNACIONAL	

1. TIPO DE ENLACES CONEXIÓN INTERNACIONAL

Enlaces Físicos			
Inicialmente si requiere	X	Inicialmente no requiere	
Provieta por una empresa Portadora legalmente autorizada	X	Nombre de la empresa Portadora:	TELEFONICA
Provieta por una empresa Proveedora de Cable Submarino legalmente autorizada		Nombre de la empresa Proveedora de Cable Submarino:	

Enlaces Inalámbricos			
Inicialmente si requiere		Inicialmente no requiere	
Nombre de la empresa proveedora Legalmente Autorizada			

Nota: Es obligatoria la presentación de una carta de compromiso actualizada de la empresa que provee el enlace de conexión internacional.
Nota: En caso de requerir enlaces inalámbricos, se debe adjuntar los formularios correspondientes.

2. DESCRIPCIÓN DE ENLACES DE CONEXIÓN INTERNACIONAL

ITEM	ENLACES					CARACTERÍSTICAS					
	NODO A					PUNTO DE CONEXIÓN INTERNACIONAL	MEDIO DE TRANSMISIÓN	VELOCIDAD DE ENLACE (Mbps)	EMPRESAS PROVEEDORAS	ESTADO	OBSERVACIONES
	CODIGO	CANTONICIDAD	PARRQUJA	DIRECCIÓN	PAIS						
1	001001	QUITO	QUITUMBE	Calle Q534 y 28	ECUADOR	FIBRA OPTICA	5000	TELEFONICA	REGISTRADO		

Nota: Afiliar filas adicionales en el caso de que se requiera.
Nota: en caso de modificaciones y ampliaciones de infraestructura, se debe registrar todos los enlaces físicos actualizados de la red en la ARCOCEL.

FO-CTDS-04

Código: FO-CTDS-04	UNIDAD ADMINISTRATIVA: DIRECCIÓN TÉCNICA DE TÍTULOS HABILITANTES DE SERVICIOS Y REDES DE TELECOMUNICACIONES (CTDS)	
Versión: 1.0	DESCRIPCIÓN DE ENLACES DE RED DE TRANSPORTE	

1. TIPO DE ENLACES DE RED DE TRANSPORTE

Enlaces Físicos			
Inicialmente si requiere		Inicialmente no requiere	
Provee por una empresa Portadora legalmente autorizada		Nombre de la empresa Portadora legalmente autorizada	

Enlaces Inalámbricos			
Inicialmente si requiere		Inicialmente no requiere	
Nombre de la empresa proveedora legalmente autorizada		Nombre de la empresa proveedora legalmente autorizada	

Nota: Es obligatoria la presentación de una carta de compromiso actualizada de la empresa portadora autorizada en el caso de que no provea los enlaces.
Nota: En caso de requerir enlaces inalámbricos, se debe adjuntar los formularios correspondientes.

Nota de Transporte: Se debe indicar los datos de red correspondientes entre los nodos, incluyendo los datos de Operación y Control.

2. DESCRIPCIÓN DE ENLACES DE RED DE TRANSPORTE

ITEM	CODIGO	CANTONICIDAD	ENLACES				PUNTO DE CONEXIÓN INTERNACIONAL	MEDIO DE TRANSMISIÓN	VELOCIDAD DEL ENLACE (Mbps)	EMPRESAS PROVEEDORAS	ESTADO	OBSERVACIONES
			PARROQUIA	DIRECCIÓN	PAIS							

Nota: Afiliar filas adicionales en el caso de que se requiera.

FO-CTDS-05

Código: FO-CTDS-05	UNIDAD ADMINISTRATIVA: DIRECCIÓN TÉCNICA DE TÍTULOS HABILITANTES DE SERVICIOS Y REDES DE TELECOMUNICACIONES (CTDS)	
Versión: 1.0	DESCRIPCIÓN DE ENLACES DE RED DE ACCESO	

1. TIPO DE ENLACES DE RED DE ACCESO

Enlaces Físicos			
Inicialmente si requiere		Inicialmente no requiere	
Provee por una empresa Portadora legalmente autorizada		Nombre de la empresa Portadora legalmente autorizada	

Enlaces Inalámbricos			
Inicialmente si requiere		Inicialmente no requiere	
Nombre de la empresa proveedora legalmente autorizada		Nombre de la empresa proveedora legalmente autorizada	

Nota: Es obligatoria la presentación de una carta de compromiso actualizada de la empresa portadora autorizada en el caso de que no provea los enlaces.
Nota: En caso de requerir enlaces inalámbricos, se debe adjuntar los formularios correspondientes.

Nota de Acceso: Se debe indicar los datos de red correspondientes entre los nodos, incluyendo los datos de Operación y Control.

2. DESCRIPCIÓN DE ENLACES DE RED DE ACCESO

ITEM	PUNTO A	PUNTO B	ENLACES				PUNTO DE CONEXIÓN INTERNACIONAL	MEDIO DE TRANSMISIÓN	VELOCIDAD DEL ENLACE (Mbps)	EMPRESA PROVEEDORA	MIL. DE COMPARTICIÓN (M)	ESTADO	OBSERVACIONES
			CODIGO	SECCION	CANTONICIDAD	DIRECCIÓN							

Nota: Afiliar filas adicionales en el caso de que se requiera.

Anexo C. Formularios para estudios Inalámbricos

RC-1A Información legal

FORMULARIO-RC-1A

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL RC-1A

Solicitud

Objeto de la Solicitud: Registro Tipo de Uso: Explotación

Datos del Usuario Los campos deben ser ingresados con letras Mayúsculas

Número de Ruc o CI: 1720536844 Verificar

Nombre: []

Dirección: VALLE DE LOS CHILLOS, SAN RAFAEL, CALLE ISLA DE LA PLATA E ISLA PUNA, LOTE 21, SECTOR HOSPITAL SAN RAFAEL

Actividad: []

Correo Electrónico: [] Ciudad: NO DEFINIDO

Teléfono/Fax: [] Provincia: PICHINCHA

Datos del Representante Legal

Nombres: [] Apellido Paterno: []

Apellido Materno: [] Cédula de Identidad: []

Cargo en la Empresa: [] Correo Electrónico: []

Guardar Habilitar

RC-2A Formulario para información de infraestructura de radiocomunicaciones

Formulario_RC_2A

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES RC-2A

Estructura 1 | Estructura 2

Estructura del Sistema de Radiocomunicaciones

Estructura: S1 Los campos deben ser ingresados con letras Mayúsculas

Codigo de Estructura: S1 Altura s.n.m. (m): 2751

Tipo: Torre no Autoportada

Coordenadas Geográficas

Latitud: 00° 04' 52,52" S

Longitud: 78° 24' 30,86" O

Verificar

Provincia: PICHINCHA

Cantón: QUITO

Parroquia Rural / Cabecera Cantonal: CALDERON

Localidad/Calle: ATAHUALPA Y DE LOS CARPINTEROS, ZABALA

Nodo/Abonado: ZABALA

Ir a Google Maps

Nueva Estructura Duplicar Estructura Eliminar Estructura

Guardar Estructuras Habilitar

RC-3A Formulario información antenas

Formulario-RC-3A

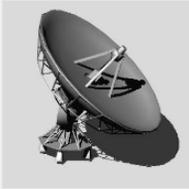
Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS RC-3A

< Antena 1 | Antena 2 >

Características técnicas de las Antenas

Antena: A2

Rango de Frecuencias (MHz)	5725-5850	Tipo de Antena	Parabolica
Marca	UBIQUITI NETWORKS	Ganancia	30.25 dBi
Modelo	ROCKET DISH 5G-30	Código	AUBP0002
Polarización	Vertical	Parabólica	
Impedancia (ohmios)	50		
Diámetro (m)	0,6		
Altura base-antena (m)	15		
Azimut de radiación máxima (°)	325,966		
Ángulo de elevación (°)	1,488		

** Si la marca o modelo de su antena no se encuentra en la lista, por favor enviar los data sheets a silvana.guayaquil@arcotel.gob.ec

Nueva Antena Duplicar Antena Eliminar Antena Guardar Antenas Habilitar

RC-4A Formulario para información de equipos

Formulario-RC-4A

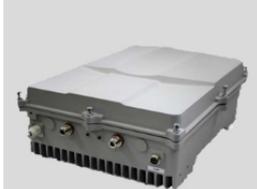
Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO RC-4A

Equipo 1 | Equipo 2

Características técnicas de los Equipos

Equipo: E2 Los campos deben ser ingresados con letras Mayúsculas

Tipo de Estación	Fija	Rango (MHz)	5150-5850
Marca	MIKROTIK	Potencia (W)	1,584
Modelo	RB922UAGS-5HPacT-NM	Código	EMK0042
Separación entre Tx y Rx (MHz)			
Tipo de modulación	32QAM		
Velocidad de transmisión (Kbps)	6000-250000		
Anchura de Banda (MHz)	20/40/80		
Sensibilidad (dBm)	-72		
Máxima desviación de frecuencia (KHz)			

** Si la marca, modelo, rango o potencia de su equipo no se encuentra en la lista, por favor enviar los data sheets a silvana.guayaquil@arcotel.gob.ec

Nuevo Equipo Duplicar Equipo Eliminar Equipo Guardar Equipos Habilitar

RC-9A Formulario para información de sistemas de modulación de banda ancha sistemas punto-punto

Formulario_RC_9A

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA SISTEMAS PUNTO-PUNTO **RC-9A**

1

Características técnicas y de operación del sistema fijo punto-punto

No Enlace: L1 Banda de frecuencias: 5725-5850

Distancia del Enlace (Km): 15.434 Tipo de operación: TDMA

Características de las estaciones fijas

Indicativo	AC. (A,M,I,E)	Estructura asociada	Antena asociada	Equipo utilizado	Potencia de Operación (W)
F1	A	S1	A1	E1	0,188
F2	A	S2	A2	E2	0,188

Nuevo Formulario Eliminar Formulario Guardar Formulario Habilitar

RC-15A Información para estudio técnico de emisiones de RNI

FormularioRni

Secretaría Nacional de Telecomunicaciones

INFORMACIÓN PARA ESTUDIO TÉCNICO DE EMISIONES DE RNI (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD) **RC-15A**

El presente cuadro muestra los cálculos realizados correspondientes al estudio de Radioaciones No Ionizantes

Indicativo	Provincia	Ciudad	Localidad	Latitud	Longitud	Frecuencia	SlimOcupacional	SlimP
S1	PICHINCHA	QUITO	ATAHUALPA Y DE LOS CARPINTEROS, ZABALA	00°04'52,52"S	78°24'30,86" W	5725-5850	50	10
S2	PICHINCHA	QUITO	OYAMBARILLO, CALLE PRINCIPAL Y CALLE S/N	00°11'47,37"S	78°19'52,5" W	5725-5850	50	10

Anexo D. Información de Tablas de Atributos georreferenciación

Puntos_enlace

FID	prop_postcod_punto	iden_punto	cood_cood	provincia	canton	parroquia	direccion	longitud	latitud	operador	estado	tipo_serv	tipo_punto	desc_punto	situacion
1	<nulo>	1	NODO OYAMB ARILLO	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui Calle Principal y Calle S/N	- 78, 33125	- 0, 19641	-Iplanet	a	sai	elemento _activo	modo_opt nico	n
2	<nulo>	2	QMF 0001	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui Federico Gonzales Suarez entre antonio jose de Sucre y Quito	- 78, 31570	- 0, 16692	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	manga_d e_empal me	n
3	<nulo>	3	QMF 0002	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui San Vicente, 5 de Abril y N6	- 78, 3392	- 0, 14244	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	manga_d e_empal me	n
4	<nulo>	4	QMF 0003	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui Federico Gonzales Suarez y Eugenio Espejo	- 78, 31565	- 0, 16284	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	manga_d e_empal me	n
5	<nulo>	5	QST 0001/QS T 0011	1 7	83	Pichinch a	Quito Tababela San Pedro	- 78, 33085	- 0, 19447	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n
6	<nulo>	6	QST 0021/QS T 0031	1 7	83	Pichinch a	Quito Tababela 24 de septiemb re y 7 de septiemb re	- 78, 34746	- 0, 17992	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n
7	<nulo>	7	QST 0041	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui Via a Yaruqui y Calle S/N	- 78, 32557	- 0, 17030	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n
8	<nulo>	8	QST 0051	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui Sector tambillo	- 78, 0,	- 0, 0,	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n

Page 1 of 8

FID	prop_postcod_punto	iden_punto	cood_cood	provincia	canton	parroquia	direccion	longitud	latitud	operador	estado	tipo_serv	tipo_punto	desc_punto	situacion
9	<nulo>	9	QST 0061	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui de Yaruqui Eugenio Espejo y Simon Bolívar	31784 7 - 78, 31863	16925 6 - 0, 16290	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n
10	<nulo>	10	QST 0071	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui Eugenio Espejo y San Gabriel	- 78, 31034	- 0, 16394	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n
11	<nulo>	11	QST 0081	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui Antonio Sucre y Hugo Ortiz	- 78, 31742	- 0, 15949	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n
12	<nulo>	12	QST 0091	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui Hugo Ortiz y Calle S/N	- 78, 32284	- 0, 15822	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n
13	<nulo>	13	QST 0101	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui Hugo Ortiz y Luis Pallares	- 78, 33090	- 0, 15368	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n
14	<nulo>	14	QST 0111	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui 5 de abril entre Luis Pallares y n6	- 78, 33971	- 0, 14166	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n
15	<nulo>	15	QST 0121	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui Eduardo Espejo y N6	- 78, 34401	- 0, 13253	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	splitter	n
16	EEQ	16	QSD 0002	1 7	83	Pichinch a	Quito Tababela Via al Vergel	- 78, 33156	- 0, 18932	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	caja_de_ distribuc ion_optic a	n
17	EEQ	17	QSD 0003	1 7	85	Pichinch a	Quito Yaruqui San Pedro y Calle S/N	- 78, 32790	- 0, 19416	-Iplanet	a	sai	elemento _pasivo	caja_de_ distribuc ion_optic a	n

FID	prop_postcod_punt	iden_pun	cc	cod_cod_1	provincia	canton	parroquia	direccion	longitud	latitud	operador	estado	tipo_serv	tipo_punt	desc_pun	situacion
18	EEQ	18	QSD	1 1 85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Calle S/N y Calle S/N	32470	78, 0, 19736	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
19	EEQ	19	QSD	1 1 85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Via a Oyamburo y Calle S/N	3285	78, 0, 19881	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
20	EEQ	20	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	Via a San Carlos	33428	78, 0, 19343	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
21	EEQ	21	QSD	1 1 85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Via el Quinche Pifo	33458	78, 0, 20326	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
22	EEQ	22	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	San Pablo y Quito	33381	78, 0, 19689	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
23	EEQ	23	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	San pedro y calle S/N	33414	78, 0, 19020	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
24	EEQ	24	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	Pedro Maldonado y Calle S/N	34455	78, 0, 18386	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
25	EEQ	25	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	Tuho Garzon y Calle S/N	34792	78, 0, 18403	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
26	EEQ	26	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	29 de Abril y Condomine	34285	78, 0, 18386	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
27	EEQ	27	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	Nicolas Baquero	78, 0, 0	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica	

FID	prop_postcod_punt	iden_pun	cc	cod_cod_1	provincia	canton	parroquia	direccion	longitud	latitud	operador	estado	tipo_serv	tipo_punt	desc_pun	situacion
28	EEQ	28	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	y Calle S/N	34248	17993, 9, 9	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
29	EEQ	29	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	Corredor alpachaca y calle S/n	34871	78, 0, 15746	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
30	EEQ	30	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	Nicolas Baquero y Carlos Garzon	34548	78, 0, 17238	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
31	EEQ	31	QSD	1 1 83	Pichinch	Quito	Tababela	24 de septiembre y Carlos Garzon	34896	78, 0, 17632	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
32	EEQ	32	QSD	1 1 85	Pichinch	Quito	Yaruqui	francisco Vega y Calle S/N	33215	78, 0, 17092	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
33	EEQ	33	QSD	1 1 85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Francisco Vega y Via Pifo el Quinche	32980	78, 0, 17557	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
34	EEQ	34	QSD	1 1 85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Via Pifo el Quinche y Calle s/n	32636	78, 0, 16997	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
35	EEQ	35	QSD	1 1 85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Via a Tambillo de Yaruqui	32349	78, 0, 16780	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
36	EEQ	36	QSD	1 1 85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Bolaños y calle	78, 0, 0	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica	

FID	prop_postcod_punt	iden_pun	co cod	cod_1	provincia	canton	parroquis	direccion	longit	latitud	operador	estado	tipo_serv	tipo_punt	desc_pun	situacion
								s/N	32082	17013						ion_optic
37	EEQ	37	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Antonio	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0053	7		a		Yaruqui	Sucre y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Calle s/n	31681	16809					ion_optic
								Yaruqui		3	9					a
38	EEQ	38	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Simon	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0054	7		a		Yaruqui	Bolivar y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Calle s/n	31866	16547					ion_optic
								Yaruqui		4	1					a
39	EEQ	39	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Calle	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0055	7		a		Yaruqui	S/N y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Antonio	31445	16879					ion_optic
								Yaruqui	Sucre	6	8					a
40	EEQ	40	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Eloy	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0062	7		a		Yaruqui	Alfaro y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Calle S/n	32226	16203					ion_optic
								Yaruqui		7	5					a
41	EEQ	41	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Amazon	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0063	7		a		Yaruqui	as y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Calle s/n	32010	16409					ion_optic
								Yaruqui		1	1					a
42	EEQ	42	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Federico	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0064	7		a		Yaruqui	Gonzales	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui		31567	16375					ion_optic
								Yaruqui		5	3					a
43	EEQ	43	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Simon	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0065	7		a		Yaruqui	Bolivar y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Cristobal	31881	16395					ion_optic
								Yaruqui	colon	8	5					a
44	EEQ	44	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	19 de	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0072	7		a		Yaruqui	marzo y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Calle	30878	16190					ion_optic
								Yaruqui	S/N	6	8					a
45	EEQ	45	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Eugenio	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0073	7		a		Yaruqui	Espejo y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	calle S/n	30759	16410					ion_optic
								Yaruqui		1	8					a
46	EEQ	46	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Calle D y	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0074	7		a		Yaruqui	10 de	78,	0,				_pasivo	distribuc

FID	prop_postcod_punt	iden_pun	co cod	cod_1	provincia	canton	parroquis	direccion	longit	latitud	operador	estado	tipo_serv	tipo_punt	desc_pun	situacion
								Octubre	30786	16594						ion_optic
								Yaruqui		3	9					a
47	EEQ	47	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	San	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0075	7		a		Yaruqui	Gabriel y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Rosa	31102	16494					ion_optic
								Yaruqui	Huaco	4	7					a
48	EEQ	48	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Antonio	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0082	7		a		Yaruqui	Sucre y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Jose	31749	16172					ion_optic
								Yaruqui	Mejia	4	2					a
49	EEQ	49	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Simon	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0083	7		a		Yaruqui	Bolivar y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Calle s/n	31861	15772					ion_optic
								Yaruqui		9	9					a
50	EEQ	50	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Federico	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0084	7		a		Yaruqui	Gonzales	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	y calle	31557	16090					ion_optic
								Yaruqui	s/n	1	1					a
51	EEQ	51	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Adbon	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0085	7		a		Yaruqui	Calderon	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	y Simon	31876	16038					ion_optic
								Yaruqui	Bolivar	1	2					a
52	EEQ	52	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Hugo	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0092	7		a		Yaruqui	Ortiz y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Via Pifo	32125	15834					ion_optic
								Yaruqui	el	5	1					a
53	EEQ	53	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Quinche	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0093	7		a		Yaruqui	Via a la	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Victoria	32092	15442					ion_optic
								Yaruqui	baja	2						a
54	EEQ	54	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Calle S/n	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0094	7		a		Yaruqui	y Hugo	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Ortiz	32284	15731					ion_optic
								Yaruqui		5	5					a
55	EEQ	55	QSD	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Hugo	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n
			0095	7		a		Yaruqui	Ortiz y	78,	0,				_pasivo	distribuc
								Yaruqui	Calle	32446	15648					ion_optic
								Yaruqui	S/N	5	1					a
56	EEQ	56	QDS	1 1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Via a la	-	-	Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n

FID	prop	postcod	punt	iden_pun	co	cod	cod_j	provincia	canton	parroquis	direccion	longit	latitud	operador	estado	tipo_serv	tipo_punt	desc_pun	situacion
				0102	7		a			Pirolera		78,00	0,00				_pasivo	distribucion_optica	
57	EEQ	57	QDS	0103	1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Hugo Ortiz y calle S/N	78,33183	0,15794	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
58	EEQ	58	QDS	0104	1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Hugo Ortiz y Luis Pallares	78,33158	0,15404	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
59	EEQ	59	QDS	0105	1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Luis Pallares y Calle S/N	78,33310	0,15225	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
60	EEQ	60	QDS	0112	1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Calle N6 y Luis Pallares	78,33965	0,14523	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
61	EEQ	61	QDS	0113	1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Calle S/N y 5 de Abril	78,33835	0,13932	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
62	EEQ	62	QDS	0114	1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Jose Huagrilla	78,34168	0,14338	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
63	EEQ	63	QDS	0115	1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Luis pallares y 5 de abril	78,34119	0,13937	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
64	EEQ	64	QDS	0122	1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Via a la victoria	78,34149	0,13414	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
65	EEQ	65	QDS	0123	1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Via a Oton	78,34383	0,13289	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica
66	EEQ	66	QDS		1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Via a			-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	

FID	prop	postcod	punt	iden_pun	co	cod	cod_j	provincia	canton	parroquis	direccion	longit	latitud	operador	estado	tipo_serv	tipo_punt	desc_pun	situacion
				0124	7		a			Oton sector Santiago		78,34612	0,12862				_pasivo	distribucion_optica	
67	EEQ	67	QDS	0125	1	1	85	Pichinch	Quito	Yaruqui	Via a Oton sector	78,34508	0,12748	-Iplanet	a	sai	elemento	caja_de_n	distribucion_optica

Tramos_enlace

FID	cod_en	operad	co	cod	cod_j	provincia	canton	parroquis	estado	numdim_duc	numdim_cant	tipo_cab	num_cal	distar	duc_duc	duc_cap	unum	num	tipo	se	tipos		
1	RB-F01	Iplane t	1	1	83	Pichinc	Quito	Tababela	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	4680,	<	<	<	<	24	13	sai	rtf	n
2	F01-F02	Iplane t	1	1	85	Pichinc	Quito	Yaruqui	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	4971,	<	<	<	<	24	13	sai	rtf	n
3	F02-FTY	Iplane t	1	1	85	Pichinc	Quito	Yaruqui	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	1437,	<	<	<	<	24	13	sai	rtf	n
4	RB-FTT	Iplane t	1	1	85	Pichinc	Quito	Yaruqui	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	3924,	<	<	<	<	24	13	sai	rtf	n
5	F03-T71	Iplane t	1	1	83	Pichinc	Quito	Tababela	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	641,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
6	F03-T61	Iplane t	1	1	85	Pichinc	Quito	Yaruqui	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	348,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
7	T01-D02	Iplane t	1	1	85	Pichinc	Quito	Yaruqui	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	688,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
8	T01-D03	Iplane t	1	1	83	Pichinc	Quito	Tababela	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	368,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
9	T01-D04	Iplane t	1	1	85	Pichinc	Quito	Yaruqui	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	867,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
10	T01-D05	Iplane t	1	1	85	Pichinc	Quito	Yaruqui	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	718,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
11	T11-D02	Iplane t	1	1	83	Pichinc	Quito	Tababela	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	566,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
12	T11-D13	Iplane t	1	1	85	Pichinc	Quito	Yaruqui	a	<nulo>	<nulo>	fibra	1	1083,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n

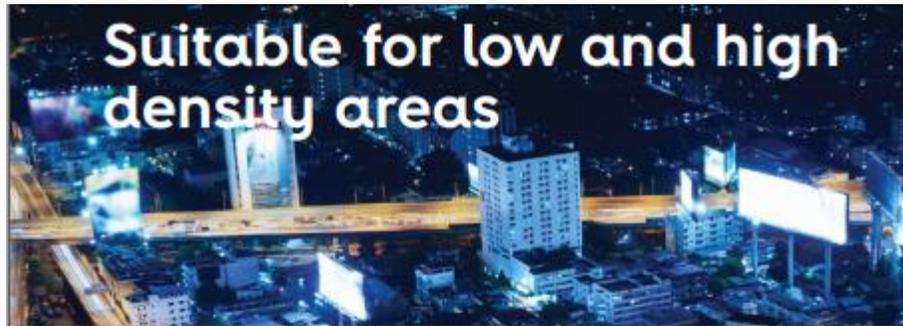
FID	cod_en	operad	cc	codcodi	provinci	canton	parroqui	estado	numdim_duc	numdim_can	tipo_cab	num_cal	distar	duc_duc	cap_u	cap_u	num	num	tipo	se	tipos	
13	T11-D14	Iplane	1	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	<nulo>	<nulo>	fibra	1	686,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
14	T11-D15	Iplane	1	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	<nulo>	<nulo>	fibra	1	981,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
15	T21-D22	Iplane	1	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	<nulo>	<nulo>	fibra	1	1007,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
16	T21-D23	Iplane	1	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	<nulo>	<nulo>	fibra	1	608,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
17	T21-D24	Iplane	1	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	<nulo>	<nulo>	fibra	1	855,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
18	T21-D25	Iplane	1	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	<nulo>	<nulo>	fibra	1	953,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
19	T31-D32	Iplane	1	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	<nulo>	<nulo>	fibra	1	1100,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
20	T31-D33	Iplane	1	1	83	Pichincha	Quito	Tababela	<nulo>	<nulo>	fibra	1	3441,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
21	T31-D34	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	1152,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
22	T31-D35	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	439,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
23	T41-D32	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	1613,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
24	T41-D33	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	889,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
25	T41-D34	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	113,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n

FID	cod_en	operad	cc	codcodi	provinci	canton	parroqui	estado	numdim_duc	numdim_can	tipo_cab	num_cal	distar	duc_duc	cap_u	cap_u	num	num	tipo	se	tipos	
26	T41-D35	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	362,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
27	T51-D52	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	637,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
28	T51-D53	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	172,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
29	T51-D54	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	592,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
30	T51-D55	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	570,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
31	T61-D62	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	472,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
32	T61-D63	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	302,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
33	T61-D64	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	416,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
34	T61-D65	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	135,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
35	T71-D72	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	465,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
36	T71-D73	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	307,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
37	T71-D74	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	601,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n
38	T71-D75	Iplane	1	1	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	<nulo>	<nulo>	fibra	1	196,	<	<	<	<	2	1	sai	rtf	n

FID	cod_en	operad	cc	cod	cod	provinci	canton	parroqui	estado	numdim_duc	numdim_can	tipo_cab	num_cal	distar	duc_duc	duc_cap	u	num	num	tipo	se	tip	s
39	T81-D82	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	246,5736	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
40	T81-D83	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	320,7955	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
41	T81-D84	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	357,3493	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
42	T81-D85	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	313,2945	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
43	T91-D92	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	289,4430	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
44	T91-D93	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	725,7353	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
45	T91-D94	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	124,1017	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
46	T91-D95	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	358,9609	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
47	T101-D102	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	59,5321	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
48	T101-D103	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	594,0076	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
49	T101-D104	Iplane t	1	7	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	89,7239	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
50	T101-D105	Iplane t	1	7	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	393,5205	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
51	T111-D112	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	537,1850	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n

FID	cod_en	operad	cc	cod	cod	provinci	canton	parroqui	estado	numdim_duc	numdim_can	tipo_cab	num_cal	distar	duc_duc	duc_cap	u	num	num	tipo	se	tip	s
52	T111-D113	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	409,2391	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
53	T111-D114	Iplane t	1	7	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	955,5462	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
54	T111-D115	Iplane t	1	7	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	302,0608	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
55	T121-D122	Iplane t	1	7	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	796,9900	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
56	T121-D123	Iplane t	1	7	83	Pichincha	Quito	Tababela	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	44,7757	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
57	T121-D124	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	492,5880	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n
58	T121-D125	Iplane t	1	7	85	Pichincha	Quito	Yaruqui	a	<nulo>nul	<nulo>nul	fibra optica	1	726,7771	<nulo>nul	<nulo>nul	<nulo>nulo	<nulo>nulo	2	1	sai	rtf	n

Anexo E. Catálogos equipos NG PON2



OLT

Portfolio of OLTs includes the NG-PON2 and XGS-PON capable OLTs

- Supporting high density NG-PON2/XGS-PON line cards, GPON line cards, active Ethernet line cards, and high capacity WAN uplink/switch fabric cards;
- PON and Active Ethernet point-to-point technologies in the same OLT enables a scalable offering of Carrier Ethernet services ranging from SES over PON to 10 Gigabit Ethernet or 100 Gigabit Ethernet services over dedicated point-to-point wavelengths.
- Support of enhanced subscribe management functionalities.



Next Generation PON Line Card

Symmetrical (10G/10G) / Asymmetrical (10G/2.5G)

- 8xNG-PON2 CT, each card configured with one of four Wavelengths for pay-as-you-grow capacity expansion;
- 8xXGS-PON physical (1) OLT interfaces.

Common functionalities for NG-PON2/XGS-PON

- Compliant with G.9807.1, G.989.1, G.989.2, G.989.3;
- XFP based optical interfaces: NI(29dB);
- Management via generic OMCI (G.988);
- Wavelength control G.989.3;
- Bit rate per NG-PON2 Lambda: DS/US: 10/2.5 Gbps, 10/10Gbps and configurations done per port;
- XGS-PON Bit rate: DS/US: 10/10Gbps.



Next Generation PON ONUs

- Integrated NG-PON2 with Carrier Ethernet demarcation capabilities;
- Variants:
 - Embedded NG-PON2 optical interfaces type A tunable (4 wavelengths);
 - Embedded XGS-PON optical interfaces N1 class;
- Integrated XGS-PON with Carrier Ethernet demarcation capabilities;
- LAN interfaces:
 - 1 x 10/100/1000 BASE-T;
 - 1 x 1 GbE or 10GbE.
- SFP for 1G with different options 10, 40, 80km;
- SFP+ for 10G with different options 10, 40, 80km.
- Capability to support up to 1000 EVCs per device;
- Synchronization capabilities:
 - SYNC-E via PON signal received;
 - Time of day distribution over TWDM Channel;
 - PTP/IEEE 1588v2 Master(ToD) or Boundary Clock;
- Designed for CE 2.0.

Anexo F. Tabulados encuestas

Pregunta 1	si	no
Dispone de internet en su casa	120	45

Pregunta 2	CNT	NETLIFE	PUNTONET	TVCABLE	OTROS
Con que compañía tiene contratado el servicio de internet: CNT, Netlife, Puntonet, TV cable	40	20	30	0	30

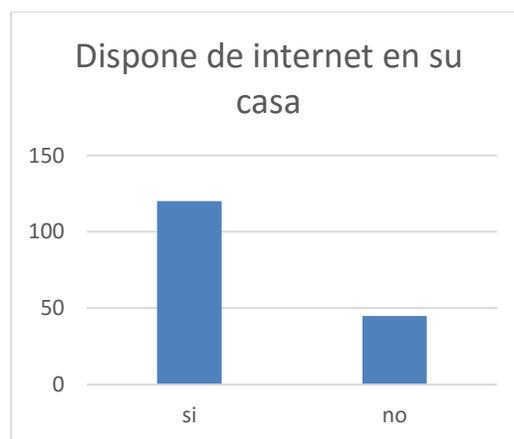
Pregunta 3	RADIO	FIBRA	ADSL
Medio de Tx	27	53	40

Pregunta 4	si	no
conoce la conexión a internet por medio de fibra óptica?	135	30

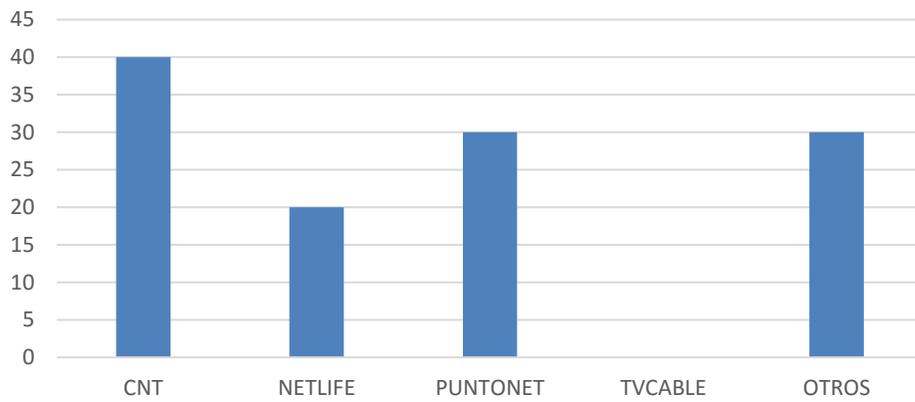
Pregunta 5	25 dólares	28 dólares	30 dólares	33 dólares
¿Hasta cuanto estaría dispuesto a pagar por 25 Mb?	112	48	5	0

Pregunta 5	18-22 años	23-35 años	36-60 años
Indique la edad	43	76	46

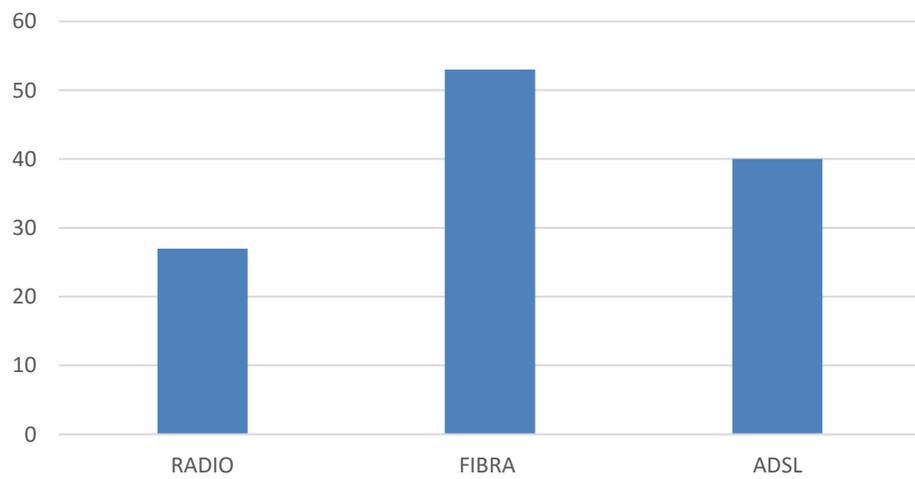
Pregunta 5	si	no
¿Está satisfecho con el servicio prestado?	92	73



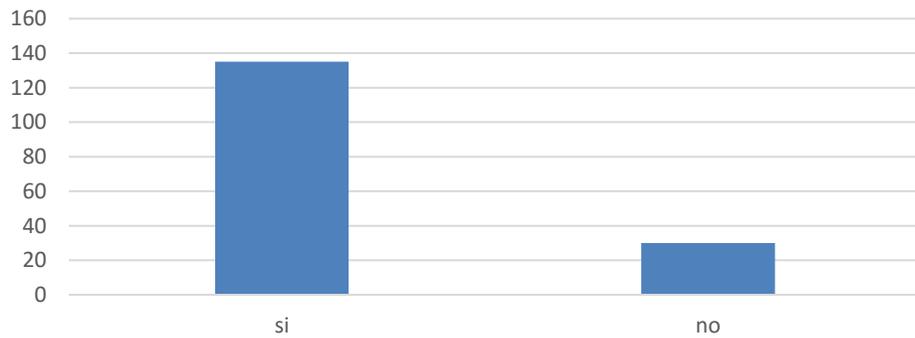
Con que compañía tiene contratado el servicio de internet: CNT, Netlife, Puntonet, TV cable

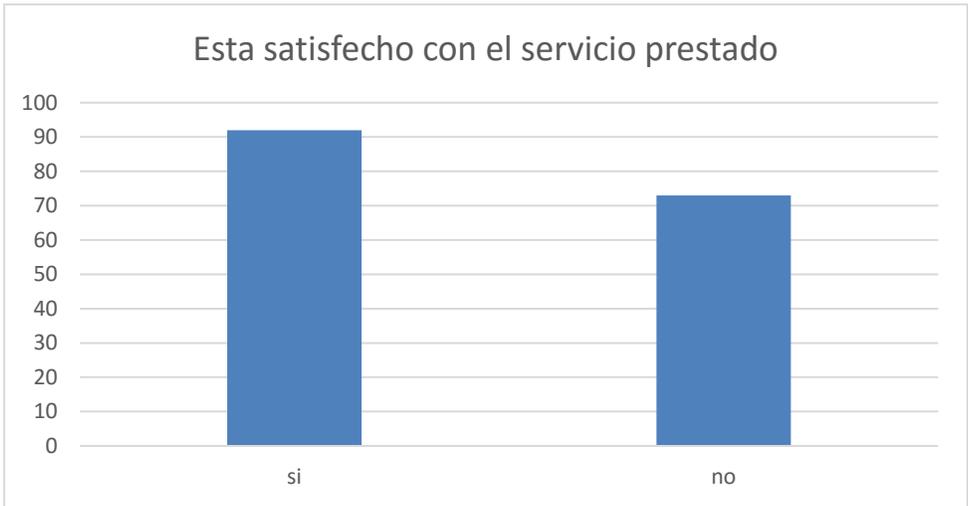
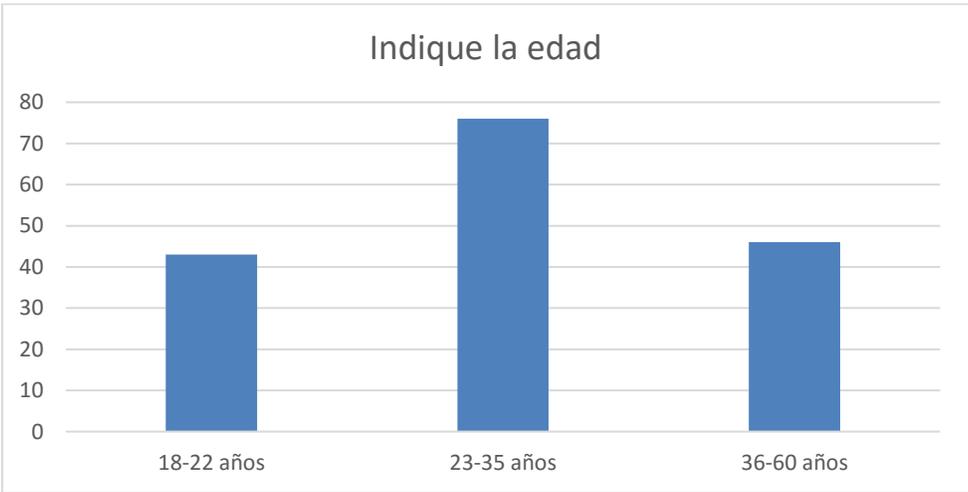
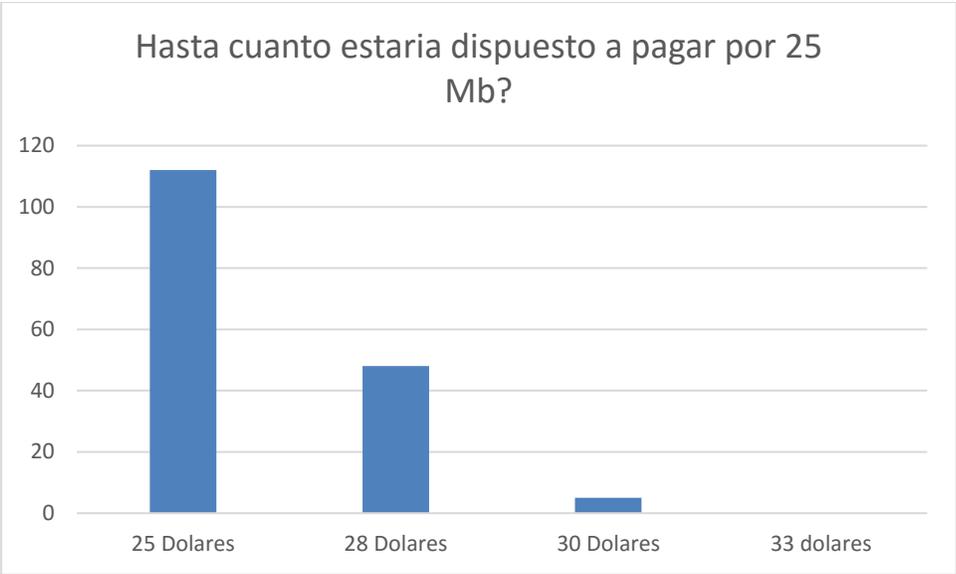


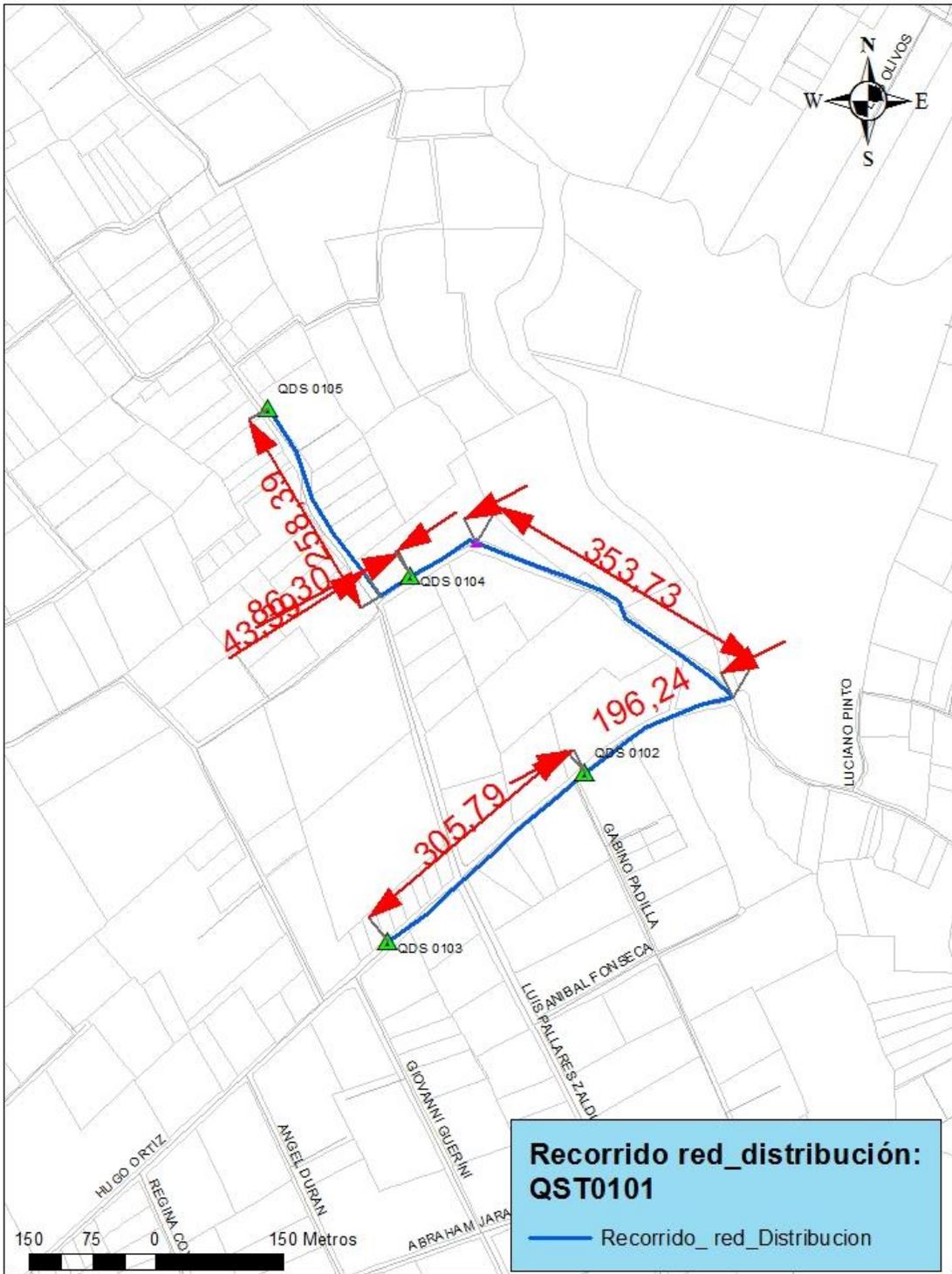
Medio de Tx

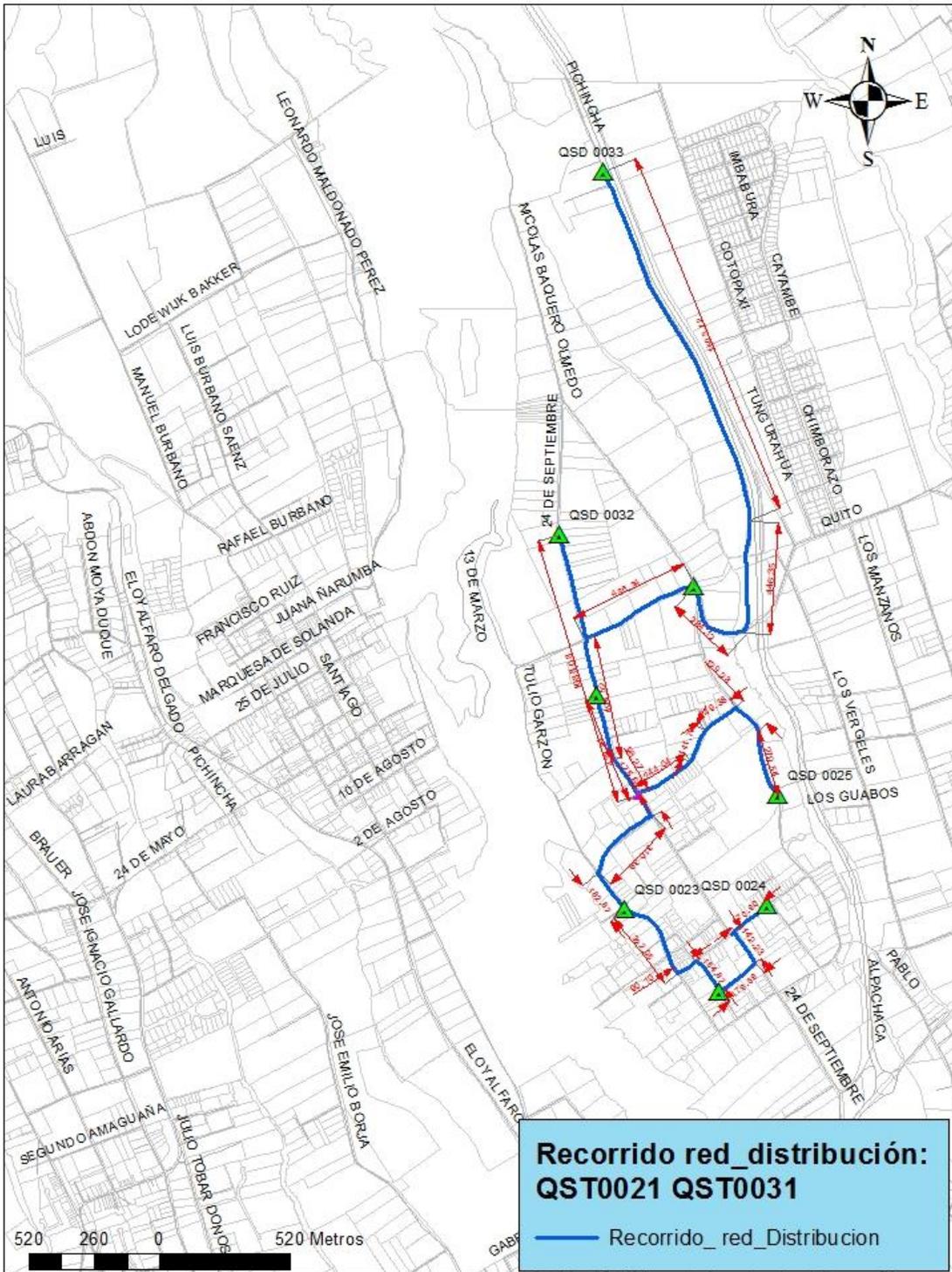


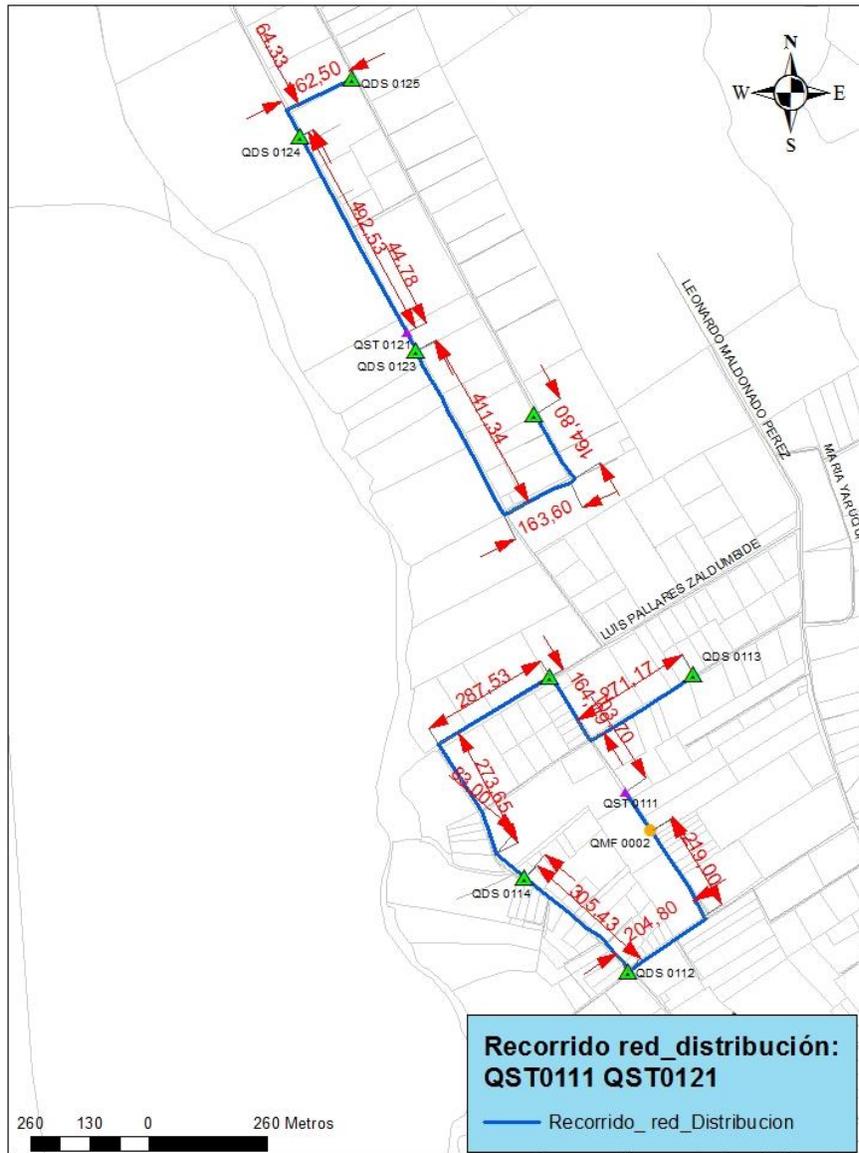
conoce la conexión a internet por medio de fibra optica?











DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Maisincho Anchapanta Mario Vinicio, con C.I.1720303575 autor del trabajo de graduación:

DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FTTH PARA EL SERVICIO DE INTERNET PROVISTO POR LA EMPRESA IPLANET S.A. EN YARUQUÍ Y TABABELA MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE ESTÁNDARES PON, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica Digital y Telecomunicaciones en la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la ley Orgánica de Educación Superior, de difundir el respectivo trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de graduación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 13 de septiembre de 2019

Atentamente.

Maisincho Anchapanta Mario Vinicio.

C.I. 1720303575