



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y
TELECOMUNICACIONES

TEMA:

DISEÑO DE RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA GPON PARA
EL CANTÓN LUMBAQUI DE LA PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

AUTOR:

PABLO ANDRES GUIZADO GUEVARA

TUTOR ACADÉMICO: MG FLAVIO MORALES ARÉVALO

TUTOR TÉCNICO: MG. DAVID CANDO GARZÓN

QUITO, ECUADOR

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Pablo Andrés Guizado Guevara, declaro que los resultados obtenidos en proyecto Integrador de Carrera, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica Digital y Telecomunicaciones, son absolutamente originales, auténticos y de mi autoría; que el presente trabajo no ha sido previamente presentado para ningún grado profesional o académico; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

En tal virtud, expreso que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprendan del presente trabajo es de exclusiva responsabilidad del autor.

PABLO ANDRES GUIZADO GUEVARA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “**DISEÑO DE RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA GPON PARA EL CANTÓN LUMBAQUI DE LA PROVINCIA DE SUCUMBÍOS**”, presentado por el **Sr. Pablo Andrés Guizado Guevara**, 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. Agosto del 2019

TUTOR

.....
Ing. Flavio Morales Arévalo, Mg

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “**DISEÑO DE RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA GPON PARA EL CANTÓN LUMBAQUI DE LA PROVINCIA DE SUCUMBÍOS**”, presentado por el **Sr. Pablo Andrés Guizado Guevara**, 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. Agosto del 2019

TUTOR

.....
Ing. David Cando Garzón, Mg

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo a Dios por haberme dado las fuerzas necesarias para poder culminar esta etapa de mi formación profesional que ha tenido bastantes piedras en el camino y muchas veces me hicieron pensar que no lo lograría.

También debo agradecer a mis compañeros de trabajo y jefes, de quienes he obtenido conocimientos, consejos y experiencias que han aportado de gran manera en este trayecto. Al permitirme tener formar una carrera en la compañía, pusieron a prueba mis ansias de seguir creciendo cada día, y esto ha sido un pilar fundamental para la consecución de este logro.

A mi familia, por sus constantes palabras de aliento, sabía que no tenía que defraudar la confianza depositada en mí.

A mis maestros, por compartir sus conocimientos y así abonar el terreno de la sabiduría.

Y finalmente pero no menos importante a mis amigos, testigos de los trajines del día, porque de su parte tampoco faltaron los consejos y apoyo moral para no decaer en la batalla de las aulas.

DEDICATORIA

Este triunfo lo quiero dedicar principalmente a mis padres, porque sé que esto genera mucho orgullo y satisfacción por todas sus enseñanzas, consejos y apoyo durante toda mi formación académica, el hecho de saber que confiaban mucho en que alcanzaría este logro, me inyectaba las fuerzas necesarias para seguir en aquellos momentos en que sentía que perdía la batalla.

También me lo dedico a mí, porque soy el único que sabe todo lo que he tenido que sobrellevar para escalar este peldaño en mi carrera profesional, no hay mejor satisfacción que la del deber cumplido, puedo asegurar que todo sacrificio tiene su recompensa y muchas veces ésta viene con intereses.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	18
ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN DE OBJETO DE ESTUDIO.....	18
PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	19
OBJETIVO GENERAL.....	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
ALCANCE.....	20
DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS	21
Capítulo 1. Fundamentación teórica.....	21
Capítulo 2. Marco metodológico.....	21
Capítulo 3. Propuesta	21
Capítulo 4. Diseño de red y simulación	22
CAPÍTULO 1	23
1.1. Introducción a la fibra óptica	23
1.2. Fibra óptica en el Ecuador.....	24
1.3. Sistema de comunicación por fibra óptica	24
1.4. Ventajas de la comunicación por fibra óptica	25
1.5. Desventajas de la comunicación por fibra óptica.....	26
1.6. Ventanas de trabajo	27
1.7. Principio de reflexión y refracción.....	28
1.8. Ley de Snell.....	28

1.9.	Índice de refracción y reflexión total interna	29
1.10.	Ángulo crítico.....	30
1.11.	Ángulo y cono de aceptación	30
1.12.	Apertura numérica (NA)	32
1.13.	Atenuación total del enlace	32
1.14.	Pérdidas	33
1.15.	Dispersión.....	34
1.15.1.	Dispersión modal.....	34
1.15.2.	Dispersión cromática	35
1.15.3.	Dispersión por modo de polarización.....	36
1.16.	Tipos de fibra óptica.....	37
1.17.	Fibra óptica multimodo	37
1.18.	Fibra óptica monomodo	38
1.19.	Cables de fibra óptica.....	39
1.19.1.	Stranded Loose Tube	39
1.19.2.	Central Loose Tube	40
1.19.3.	Cable Drop.....	40
1.19.4.	Red Feeder.....	40
1.20.	Conectores	41
1.20.1.	Conectores SC	42
1.20.2.	Conectores LC	42
1.20.3.	Conectores ST	43
1.20.4.	Conectores FC	43
1.21.	Tipos de pulidos en conectores	44
1.21.1.	Pulido PC.....	44
1.21.2.	Pulido UPC.....	44
1.21.3.	Pulido APC.....	45
1.22.	Splitter óptico	46
1.23.	Acopladores.....	46
1.24.	Normativa para la implementación	46
1.24.1.	Recomendaciones de fibra óptica Serie G.65X.....	46
1.24.2.	Norma G.652	47
1.24.3.	Norma G.652A	47

1.24.4.	Norma G.652B	47
1.24.5.	Norma G.652C	47
1.24.6.	Norma G.652D	48
1.25.	Introducción a redes FTTX	48
1.25.1.	Redes FTTN	49
1.25.2.	Redes FTTC.....	49
1.25.3.	Redes FTTB.....	50
1.25.4.	Redes FTTH	50
1.26.	Tecnologías PON	51
1.26.1.	Introducción.....	51
1.26.2.	Componentes de una red PON.....	53
1.26.3.	Redes APON	54
1.26.4.	BPON	55
1.26.5.	EPON.....	55
1.26.6.	GPON	56
1.27.	Normativas	57
CAPÍTULO 2		59
2.1.	Metodología investigativa	59
CAPÍTULO 3		61
3.1.	Situación actual	61
3.2.	Situación geográfica.....	62
3.3.	Estado actual de acceso a internet en Sucumbíos	64
3.4.	Estado actual del acceso al internet en Lumbaqui.....	65
3.5.	Idea integral de la propuesta.....	67
3.6.	Módulos de la propuesta	67
3.7.	Elementos y análisis de planta externa.....	68
3.7.1.	Red aérea	68
3.7.2.	Rack.....	69
3.7.3.	Distribuidor de fibra óptica - ODF	69
3.7.4.	Patch Cord y Pigtail.....	70
3.7.5.	Cajas de revisión.....	71
3.7.6.	Rosetas.....	71
3.7.7.	Manga de empalme.....	72

3.7.8.	POS – passive optical splitter	73
3.7.9.	Caja de distribución NAP	73
3.7.10.	Herrajes.....	74
3.7.11.	Preformados.....	75
3.8.	Herramientas de software.....	75
3.8.1.	Google Earth.....	75
3.8.2.	Google Maps	77
3.8.3.	OptiSystem	78
3.9.	Presupuesto equipamiento.....	80
3.10.	Análisis de costos primer año.....	81
3.11.	Análisis de costos segundo año.....	82
3.12.	Estado de resultados	83
3.13.	Análisis de tiempos	83
3.14.	Ventajas del proyecto	85
CAPÍTULO 4		86
4.1.	Desarrollo del diseño de red.....	86
4.1.1.	Sistema de soporte para el tendido de cable.....	87
4.2.	Implementación del proyecto	89
4.2.1.	Ubicación del nodo.....	89
4.2.2.	ODF.....	89
4.2.3.	OLT	90
4.2.4.	Cable.....	92
4.2.5.	Herrajes.....	93
4.2.6.	Etiquetas	93
4.2.7.	Ubicación cajas de distribución.....	94
4.2.8.	Cobertura.....	97
4.2.9.	Planta externa	98
4.3.	Pruebas de funcionamiento	100
4.3.1.	Prueba de luz	100
4.3.2.	Medición de potencia.....	101
4.3.3.	Medición de potencia retro difusa	102
4.4.	Análisis de resultados.....	106
4.4.1.	Pérdida teórica del enlace.....	106

4.4.2.	Cálculo de presupuesto de potencia	106
4.4.3.	Pruebas de funcionamiento	107
4.4.4.	Diagrama general de simulación	107
4.4.5.	Propiedades de transmisión	110
4.4.6.	Propiedades de la señal generada	111
4.4.7.	Fibra y conectores.....	112
4.4.8.	Puertos del splitter	113
4.4.9.	Analizador de BER.....	114
4.4.10.	Lecturas mediante osciloscopio.....	117
CONCLUSIONES.....		118
RECOMENDACIONES		119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		121
ANEXOS		123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Sistema de comunicación óptico.....	25
Figura 1.2. Ventanas de operación.....	27
Figura 1.3. Reflexión total interna	29
Figura 1.4. Propagación de haz de luz en fibra	31
Figura 1.5. Cono de aceptación.....	32
Figura 1.6. Dispersión modal	34
Figura 1.7. Dispersión cromática	35
Figura 1.8. Sobresolapamiento de pulsos.....	36
Figura 1.9. Trayectoria de haz de luz en fibras monomodo y multimodo.....	37
Figura 1.10. Diámetro fibra multimodo	38
Figura 1.11. Estructura fibra monomodo	39
Figura 1.12. Cable stranded loose tube	39
Figura 1.13. Cable central loose tube.....	40
Figura 1.14. Red aérea.....	41
Figura 1.15. Conector SC.....	42
Figura 1.16. Conector LC.....	42
Figura 1.17. Conector ST	43
Figura 1.18. Conector FC.....	43
Figura 1.19. Pulido PC	44
Figura 1.20. Pulido UPC	45
Figura 1.21. Pulido APC	45
Figura 1.22. Topologías FTTx	48
Figura 1.23. Esquema FTTN.....	49
Figura 1.24. Esquema FTTC	49
Figura 1.25. Esquema FTTB	50
Figura 1.26. Esquema FTTH.....	51
Figura 1.27. Evolución tecnológica y ancho de banda.....	52
Figura 1.28. Esquema general red PON.....	53
Figura 1.29. Esquema global red GPON.....	57
Figura 3.1. Ubicación geográfica Lumbaqui.....	63

Figura 3.2. Penetración de internet en Latinoamérica hasta 2018.....	65
Figura 3.3. Hogares con acceso a internet.....	66
Figura 3.4. Porcentaje de personas que utilizan internet.....	66
Figura 3.5. Módulos del proyecto	67
Figura 3.6. Etapas de desarrollo.....	67
Figura 3.7. Red aérea	68
Figura 3.8. Rack vertical	69
Figura 3.9. ODF	70
Figura 3.10. Patch cord y pigtail	71
Figura 3.11. Caja de revisión	71
Figura 3.12. Roseta	72
Figura 3.13. Manga de empalme.....	72
Figura 3.14. Splitter 1x8.....	73
Figura 3.15. Caja NAP	74
Figura 3.16. Herrajes varios	74
Figura 3.17. Preformado.....	75
Figura 3.18. Google Earth bienvenida	75
Figura 3.19. Google Earth elementos.....	76
Figura 3.20. Google Maps imagen	77
Figura 3.21. Google Maps Lumbaqui	77
Figura 3.22. Interface Optisystem	79
Figura 4.1. Ubicación de postes	88
Figura 4.2. Ubicación del nodo	89
Figura 4.3. Construcción ODF.....	90
Figura 4.4. Etiquetas de cable	93
Figura 4.5. Ubicación de cajas de distribución	95
Figura 4.6. Nomenclatura cajas de distribución.....	97
Figura 4.7. Archivo de cobertura Lumbaqui	98
Figura 4.8. VFL en prueba	101
Figura 4.9. Medición de potencia.....	102
Figura 4.10. OTDR	104
Figura 4.11. Ejemplo reporte OTDR.....	105
Figura 4.12. Esquema red FTTH.....	108
Figura 4.13. Diagrama general en Optisystem.....	109
Figura 4.14. Configuración OLT.....	110
Figura 4.15. Señal generada	111
Figura 4.16. Señal generada	112

Figura 4.17. Propiedades del cable.....	113
Figura 4.18. Señal luego de splitter.....	114
Figura 4.19. Analizador de BER factor Q.....	115
Figura 4.20. Analizador de BER Min BER.....	115
Figura 4.21. Analizador de BER – límite.....	116
Figura 4.22. Diagrama de ojo.....	116
Figura 4.23. Gráfico de la señal generada.....	117
Figura 4.24. Señal recibida.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Comparación fibra óptica Vs. UTP, STP, Coaxial.....	25
Tabla 1.2. Bandas para fibra óptica	28
Tabla 1.3. Distancia con fibra multimodo	38
Tabla 3.1. Población al 2020	62
Tabla 3.2. Cuentas y usuarios del servicio de acceso a internet.....	64
Tabla 3.3. Presupuesto de insumos.....	80
Tabla 3.4. Presupuesto mano de obra	80
Tabla 3.5. Crecimiento abonados año 1	81
Tabla 3.6. Crecimiento de abonados año 2.....	82
Tabla 3.7. Balance general	83
Tabla 3.8. Cronograma	834
Tabla 4.1. Implementos necesarios.....	86
Tabla 4.2. Características ODF.....	89
Tabla 4.3. Características OLT.....	91
Tabla 4.4. Características cable	92
Tabla 4.5. Inventario de cajas de distribución	96
Tabla 4.6. Características pigtails, patch cords, microtubillos.	99
Tabla 4.7. Presupuesto óptico.....	106

RESUMEN

El presente proyecto nace como una necesidad inmediata para tomar en cuenta a las poblaciones presentes en cantones de provincias los cuales han quedado aislados al crecimiento tecnológico de las grandes ciudades, tomando en cuenta que hoy en día el acceso a la sociedad de la información está catalogado como una obligación para los gobiernos locales.

Debido a esto, se establece como objetivo: Diseñar una red de fibra óptica hasta la última milla con tecnología GPON para el cantón Lumbaqui de la provincia de Sucumbíos, en el que se incluirán todos los parámetros a tomarse en cuenta para brindar cobertura de alta velocidad a toda la población del lugar

Para cumplir con este objetivo se ha escogido un sistema de fibra óptica de última generación, que tiene alta velocidad para navegación con características que mejorarán notablemente el acceso a la información en toda la sociedad.

Se emplean los estándares tecnológicos definidos por la ITU con todas sus recomendaciones enfocadas a redes de fibra óptica y también se rige a la normativa nacional que dispone el uso de infraestructura pública para el tendido de las redes.

Se puede concluir que la implementación de redes de fibra óptica garantiza una experiencia de alta calidad para el abonado, entregando altas velocidades con bajas interrupciones y saturación del ancho de banda.

PALABRAS CLAVE: fibra óptica, GPON, red de distribución, Redes, Telecomunicaciones, Certificación de redes, internet.

ABSTRACT

The present project is born as an immediate need to take into account the populations present in little towns of provinces which have been isolated to the technological growth of the big cities, taking into account that today the access to the information society is cataloged as an obligation for local governments

Due to this, the objective is to: Design an Optical Fiber Network up to the last mile with GPON technology for the Lumbaqui canton of the province of Sucumbíos, which will include all the parameters to be taken into account to provide high speed coverage to the entire population of the place

To meet this objective, a state of the art fiber optic system has been chosen, which has a high speed for navigation with features that will significantly improve access to information throughout society.

The technological standards defined by the ITU are used with all its recommendations focused on fiber optic networks and also governs the national regulations that provide for the use of public infrastructure for the laying of networks.

It can be concluded that the implementation of fiber optic networks guarantees a high quality experience for the subscriber, delivering high speeds with low interruptions and bandwidth saturation.

KEYWORDS: Fiber Optic, GPON, Distribution Network, Networks, Telecommunications, Network Certification, internet.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN DE OBJETO DE ESTUDIO

Desde su aparición y estandarización en el 2004 por parte de la ITU-T, la tecnología GPON se ha convertido en aliado para el desarrollo no solo tecnológico sino económico de las naciones, es por esto que dentro de los planes de los sectores estratégicos se ha priorizado el despliegue de redes de fibra óptica en todo el mundo.

El Ecuador no es ajeno a esta realidad, gracias a la inversión de la empresa privada el país ha empezado a escalar posiciones en cuanto a calidad en servicios de telecomunicaciones, pero aún quedan muchas comunidades a las cuales se las ha tenido aisladas durante años. Existen varios trabajos orientados al diseño de redes de fibra óptica con estándares GPON, los que han permitido cumplir con los objetivos de mejorar el acceso a redes de información.

Mediante investigaciones de campo realizadas en el cantón Lumbaqui de la provincia de Lago Agrio, se ha determinado que existe una limitada infraestructura con redes de cobre y en ciertos casos radioenlaces, los mismos que por la geografía, flora y clima del lugar, prestan servicios de conexión realmente deficientes. De la misma manera se ha indagado con empresas privadas para conocer si prestan servicios de fibra óptica en el sector a lo cual han sabido manifestar que no prestan este tipo de servicios.

En la ciudad de Cuenca, agosto 2011 fue presentado un diseño de red FTTH GPON para un sector de la urbe. Debido a que la implementación de esta tecnología es costosa, el investigador focalizó el campo de acción de su trabajo para dicho sector y no tomó en cuenta proyecciones de ampliación.

Quito, Febrero 2013; se realizó el diseño e implementación de una red FTTH GPON para un sector del valle de la ciudad de Quito con el cual se pretendía validar la factibilidad de implementación de 6 redes para cubrir todo el territorio. Este trabajo contempló la necesidad de incrementar la capacidad en cuanto a recursos sin afectar o modificar la topología empleada, para lo cual era necesario únicamente instalar equipamiento de mayor capacidad.

PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la necesidad de implementar un proyecto práctico que permita poner en práctica los conocimientos adquiridos durante los años de preparación en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, se ha elegido realizar el diseño y respectivo análisis de factibilidad para una red de fibra óptica con tecnología GPON en el cantón Lumbaqui de la provincia de Sucumbíos, mediante la cual se tendrá acceso a internet con fibra óptica hasta la última milla.

En la actualidad empresas públicas y privadas han invertido en implementar esta tecnología a lo largo de todo el territorio continental ecuatoriano pero se han enfocado principalmente en las grandes ciudades dejando de lado a las cabeceras cantonales y parroquias aledañas. Con este proyecto se busca realizar el diseño y análisis de factibilidad para facilitar y acelerar la implementación de esta tecnología en el lugar indicado con el interés e inversión de la empresa privada.

En el cantón Lumbaqui se tienen redes ADSL con tendidos de cobre por parte de las empresas del sector público, lo cual permite tener acceso a internet con velocidades de hasta 3 Mbps, lo cual impide que los habitantes del sector puedan tener un rápido acceso a las nuevas tecnologías del internet. Muchos estudiantes y profesionales tienen que verse obligados a trasladarse a la capital de la provincia, Lago Agrio para poder realizar videoconferencias de buena calidad o descarga de material didáctico o archivos necesarios para realizar sus actividades, puesto que en este lugar ya se tienen redes de alta velocidad con fibra óptica.

Se ha elegido la tecnología GPON porque se desea entregar servicio de internet simétrico de alta velocidad para hogares y también para negocios o empresas que encuentren en el internet un aliado estratégico para su crecimiento.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red de fibra óptica hasta la última milla con tecnología GPON para el cantón Lumbaqui de la provincia de Sucumbíos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el potencial mercado que se tendrá en el cantón Lumbaqui
- Dimensionar la infraestructura necesaria para la el diseño de la red GPON
- Presentar los cálculos de los diferentes enlaces
- Simular el diseño de la red mediante software
- Presentar la cobertura final de la red

ALCANCE

En el Ecuador se han desarrollado estudios de factibilidad para diversos sectores del país, se puede observar que se han tomado en cuenta factores como migración de redes existentes de proveedores del sector privado que tienen redes de cobre, implementación de redes GPON en sectores focalizados de la ciudad de Quito, Santo Domingo de los Tsáchilas, implementación de servicios de IPTV sobre redes GPON, pero no se han desarrollado análisis y peor aún implementación de esta tecnología en cantones de las provincias del Oriente, dejando de lado el desarrollo tecnológico sin tomar en cuenta que hoy en día el acceso a la red de internet es contemplado como un servicio básico.

DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS

Capítulo 1. Fundamentación teórica

Para el desarrollo del proyecto planteado es necesario conocer la historia del uso de la transmisión óptica para el envío y recepción de información, revisar la historia a nivel mundial y la penetración de esta tecnología en nuestro territorio, entender los conceptos básicos desde lo más esencial que son los principios de transmisión de información mediante señales ópticas, por lo cual se realiza una revisión y análisis de las propiedades de un sistema de comunicación mediante fibra óptica, la composición de un cable, el conjunto de componentes necesarios para establecer comunicación, sistemas de comunicaciones, ventajas y desventajas del uso de cada uno en particular.

Capítulo 2. Marco metodológico

Detalla la metodología empleada para la elaboración de este proyecto, desde la recopilación de información mediante recomendaciones de investigación científica hasta el planteamiento de objetivos y las conclusiones respectivas.

Capítulo 3. Propuesta

Determina el punto de partida para el desarrollo del proyecto, contemplando las variables necesarias para el dimensionamiento respectivo, lo cual permite conocer la cantidad de recursos necesarios.

Asimismo se plantean los tiempos que tomará el desarrollo de cada parte del proyecto y las características de los elementos que formarán parte de la red de distribución.

También se incluye la descripción y justificación del uso de herramientas tecnológicas y software asociado con el que se desarrollará la simulación de la red.

Capítulo 4. Diseño de red y simulación

Una vez definido el mejor equipamiento, las normativas, recomendaciones y las soluciones para la construcción de la red de distribución, en este capítulo se contemplan los pasos a seguir. Cabe mencionar que al tratarse de un proyecto de un alto valor económico, es imposible su implementación por lo cual la manera de justificar el funcionamiento de la propuesta presentada, se realiza la simulación en el entorno seleccionado.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Introducción a la fibra óptica

Por el año de 1952 el físico Narinder Singh Kapany se apoyó en los estudios del físico irlandés John Tyndall que trataban sobre el descubrimiento de cubrió que la luz puede viajar a través del agua para inventar la fibra óptica. Inicialmente los usos se enfocaron a la transmisión de imágenes en el endoscopio médico. (Onsicom, 2015)

En los años 60 conjuntamente con la invención del láser se empezó a investigar la transmisión mediante cables de vidrio. En 1966, el estudio de Kao y Hockman marcó un hito en la investigación de este tipo de transmisor y revolucionó el mundo de las telecomunicaciones. Éste estudio concluía que la atenuación presentada en la transmisión hasta ese entonces era causada por impurezas originadas en el proceso de fabricación del cableado, mas no de mecanismos intrínsecos. Esto dio paso a que se empiece a sustituir la red eléctrica de cobre por cables de vidrio en los tendidos de líneas telefónicas.

En 1977 *Stanford Telecommunications Laboratories* trazó el primer tramo comercial de fibra óptica en Inglaterra, con lo que se pudo establecer la primera llamada por este medio. En 1980 Desurvive y Payne crearon un amplificador de señal óptica con el cual se mejoraron las comunicaciones interurbanas, lo que permitió empezar a construir redes de telecomunicaciones que conectaban de a poco a varios estados de EEUU. A finales de la década de los 80 se empieza a desplegar fibra óptica submarina que conectaba a América con Europa.

1.2. Fibra óptica en el Ecuador

En 1988 con el proyecto de digitalización del servicio telefónico y el mejoramiento de la calidad del servicio, el IETEL contrató a ERICSSON para la implementación de las nuevas centrales, con lo cual se empezaron a emplear cables de fibra óptica para la conexión inter centrales, lo que reemplazó al cable multi par y sistemas de transmisión de 140 Mbps y 34 Mbps. (CNT, 2014)

Para noviembre de 1998 por un costo de 300 millones de dólares empezó a funcionar el cable Panamericano que conectaba Arica en Chile con las Islas Saint Thomas en USA, Lurín en Perú, Punta Carnero en Guayaquil, Ciudad de Panamá en Panamá, Barranquilla en Colombia, Punto Fijo en Venezuela, Baby Beach en Aruba y retorna a Saint Croix en USA. Para esto se empleó alrededor de 7500 km de fibra óptica que empleaba tecnología SDH para la transmisión, con dos sistemas de 2.5 Gbps con una vida útil de 25 años. En el 2002 Andinatel firmó un contrato con el objetivo de construir la red Troncal de fibra óptica en el país, que unía Quito, Guayaquil, Cuenca y Tulcán con una extensión de 1000 km de cableado, recorría varias ciudades del callejón interandino.

1.3. Sistema de comunicación por fibra óptica

Los sistemas de comunicaciones por fibra óptica debido a las propiedades intrínsecas de su principio se han convertido en los aliados estratégicos al momento de realizar tendidos de nuevas redes, se pueden instalar tramos de hasta 100 km sin la necesidad de tener equipamiento activo que amplifique la señal durante la trayectoria. (Telemática, 2017)

Este tipo de comunicaciones concentra, guía y transmite los haces de luz con un porcentaje de pérdida realmente bajo, inclusive cuando en el trayecto existen curvaturas en el tendido del cable como se aprecia en la Figura 1.1. Por la naturaleza de la fibra óptica es imposible que este sistema presente interferencias electromagnéticas o degradación por inclemencias climáticas como sí sucede en los sistemas convencionales de cobre y enlaces radiales o satelitales en donde se presentan interferencias, pérdidas de línea de vista o incluso retardos debido a la distancia de transmisión.

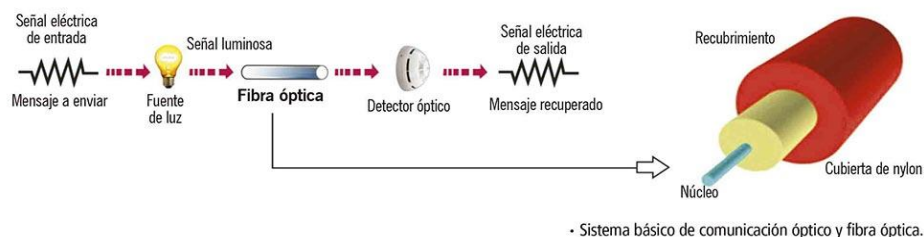


Figura 1.1. Sistema de comunicación óptico

Fuente: Wayne Tomasi, 2003

1.4. Ventajas de la comunicación por fibra óptica

El ancho de banda disponible en la transmisión por fibra óptica es bastante amplio debido a que se emplean técnicas de multiplexación por división de longitud de onda WDM, ya sea CWDM o DWDM entre otros. Esta tecnología permite transmitir hasta 100 haces de luz a velocidades de hasta 10 Gbps, cada uno con diferente longitud de onda y por una misma fibra, gracias a esto se pueden tener enlaces intercontinentales en el orden de los 10 Tbps, como se observa en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Comparación fibra óptica Vs. UTP, STP, Coaxial

	UTP	STP	COAXIAL	FIBRA ÓPTICA
Ancho de banda	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Hasta 1 MHz	Si			
Hasta 10 MHz	Si	Si	Si	Si
Hasta 20 MHz	Si	Si	Si	Si
Hasta 100 MHz	Si	Si	Si	Si
Canales video	No	No	Si	Si
Canal Full Dúplex	Si	Si	Si	Si
Distancias medias	100 m 65 MHz	100 m 67 MHz	500 (Ethernet)	2 km MM 100 km SM
Inmunidad electromagnética	Limitada	Media	Media	Alta
Seguridad	Baja	Baja	Media	Alta
Costo	Bajo	Medio	Medio	Alto

Fuente: Silex Fiber, 2016

Al no estar constituida por conductores eléctricos, es totalmente inmune a interferencias electromagnéticas, por lo que, presenta niveles de atenuación bajos en relación a sistemas de transmisión en los cuales el ruido por estos problemas genera pérdidas significativas, con lo que se reduce de manera notable la presencia de amplificadores, aprovechando la distancia en los trayectos sin sacrificar la calidad de la comunicación. Esta propiedad también hace segura la instalación de este tipo de cables en lugares peligrosos o ambientes inflamables, puesto que al no transmitir electricidad no se convierte en un agente de riesgo.

Presenta un alto nivel de seguridad puesto que la información no puede ser interceptada por la naturaleza de su transmisión, el haz de luz viaja confinado en el núcleo del hilo de fibra óptica, en el caso de una posible ruptura o manipulación, la comunicación se pierde.

1.5. Desventajas de la comunicación por fibra óptica

Debido a la constitución del hilo conductor la fibra óptica es sensible a fuerzas mecánicas que superan los parámetros de calidad establecidos por el fabricante, es por esto, que se deben respetar las recomendaciones del fabricante para el tendido, curvaturas en el trayecto, medio por el cual se instala, inclemencias climáticas, tensión a la que se somete el cable al momento de instalación, entre otros. Presentada esta desventaja los fabricantes incluyen guías mensajeros de diversos tipos dentro de los cables, inclusive para ciertos requerimientos este mensajero puede conducir electricidad.

Al ser una tecnología óptica es necesaria la implementación de fuentes de luz que pueden ser diodos LED o LASER en los tramos de emisión de las señales y foto receptores en los equipos terminales, lo cual encarece el montaje de la red.

En tramos que superan la distancia de cableado disponible en un carrete es necesaria la construcción de empalmes entre fibras, que son complejos de realizar debido a la composición del cable, inclusive es necesario montar un empalme cuando se han

producido rupturas en algún tramo del tendido, para proceder a reparar la fibra mediante la supresión de tramos averiados es requerido el uso de equipos de fusión, que tienen un alto costo de adquisición.

1.6. Ventanas de trabajo

Dentro del espectro electromagnético en la zona infrarroja existen 4 gamas de longitudes de onda también conocidas como ventanas de operación para la transmisión de haces de luz, cada ventana se centra en la longitud de onda operativa típica, como se observa en la figura 1.2.

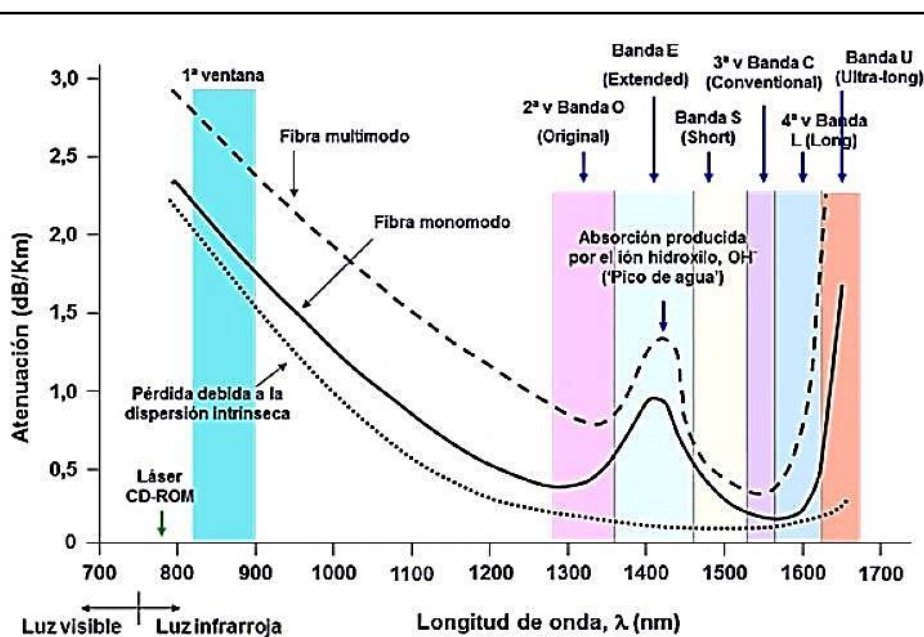


Figura 1.2. Ventanas de operación

Fuente: Wayne Tomasi, 2003

La atenuación propia en la fibra óptica presenta mejor desempeño en ciertos rangos de longitud de onda en el espectro electromagnético, denominadas ventanas de operación, las mismas que se puede observar en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Bandas para fibra óptica

BANDA	RANGO
	800 a 900 nm
banda O (original)	1260 a 1360 nm
banda E (extendida)	1360 a 1460 nm
banda S (corta)	1460 a 1530 nm
banda C (convencional)	1530 a 1565 nm
banda L (larga)	1565 a 1625 nm
banda U (ultra larga)	1625 a 1675 nm

Fuente: Prored, 2015

1.7. Principio de reflexión y refracción

La reflexión ocurre cuando un rayo de luz viaja a través de un material, impacta con otro material diferente al primero y se refleja dentro del material original, mientras que la refracción se presenta cuando un rayo de luz pasa de un medio A a un medio B y cambia la dirección de la onda al pasar de un medio a otro. (Hewitt, 2007)

1.8. Ley de Snell

La denominada Ley de Snell detalla cómo un rayo de luz se curva cuando éste atraviesa una discontinuidad en el índice de refracción y está representada mediante la siguiente ecuación:

$$n_1 * \sin \theta_1 = n_2 * \sin \theta_2$$

Dónde:

- n_1 = índice de refracción del material 1 (adimensional)
- n_2 = índice de refracción del material 2 (adimensional)
- θ_1 = ángulo de incidencia
- θ_2 = ángulo de refracción

En la interfaz entre los dos medios, el rayo incidente se puede refractar hacia la normal o alejarse de ella, siempre y cuando n_1 es menor o mayor que n_2 .

1.9. Índice de refracción y reflexión total interna

El índice de refracción η es un parámetro intrínseco de cada medio que determina el comportamiento de la luz cuando atraviesa el medio. Es un valor adimensional, siempre igual o mayor a 1. (Tomasi, 2003)

Tomando en cuenta que la Ley de Snell se expresa en términos del índice de refracción, se tienen 2 casos cuando el rayo de luz pasa de un medio a otro con diferentes índices de refracción:

- Si $\eta_1 < \eta_2$, se tiene $v_1 > v_2$ y ángulo $\theta_1 > \theta_2$
- Si $\eta_1 > \eta_2$, se tiene $v_1 < v_2$ y ángulo $\theta_1 < \theta_2$

Para determinar cuándo se produce el fenómeno de reflexión total interna se toma en consideración el segundo evento, en el que la luz pasa de un medio con índice de refracción mayor a otro menor, como se observa en la figura 1.3.

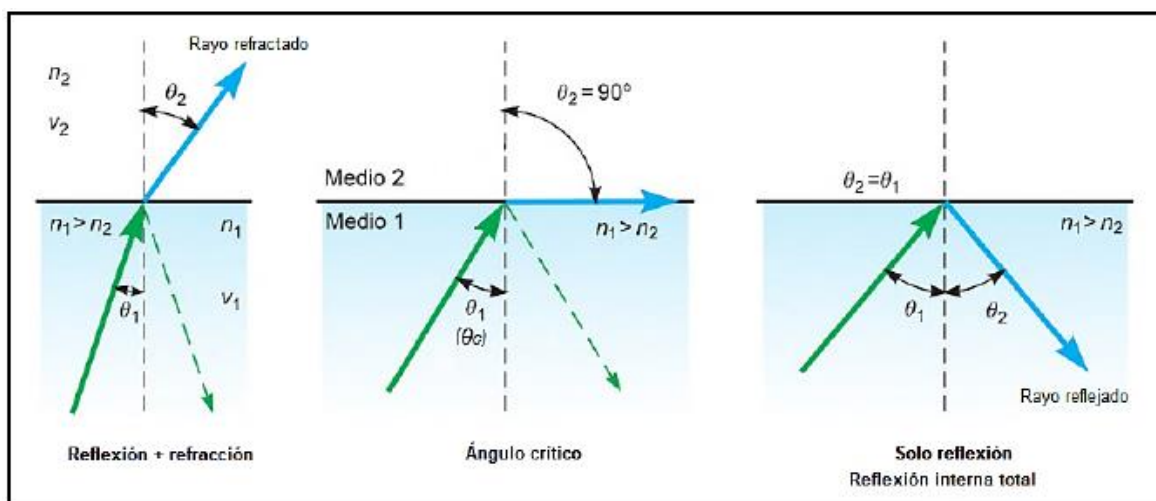


Figura 1.3. Reflexión total interna

Fuente: Wayne Tomasi, 2003

1.10. Ángulo crítico

El ángulo crítico o ángulo límite también es el ángulo mínimo de incidencia en el cual se produce la reflexión interna total. (Cabezas, 2014). El ángulo de incidencia se mide respecto a la normal de la separación de los medios, el ángulo crítico está determinado por:

$$\theta_c = \arcsen\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \text{sen}^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

En donde n_1 y n_2 son los índices de refracción de los medios con $n_2 < n_1$.

1.11. Ángulo y cono de aceptación

Ya se sabe que la fibra óptica de *índice escalonado* está compuesta por dos capas de vidrio, cada una con distinto índice de refracción. El índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento, razón por la cual, y debido a la diferencia de índices de refracción, la luz introducida al interior de la fibra se mantiene y propaga a través del núcleo. (Tomasi, 2003).

La luz transmitida por el núcleo choca entre éste y el revestimiento de la fibra, llegan a la interfaz aire – vidrio en el eje de la fibra, como se aprecia en la figura 1.4. El índice de refracción del aire es 1 y del núcleo de vidrio 1,5 por lo que la luz se propaga de un medio menos denso a uno más denso.

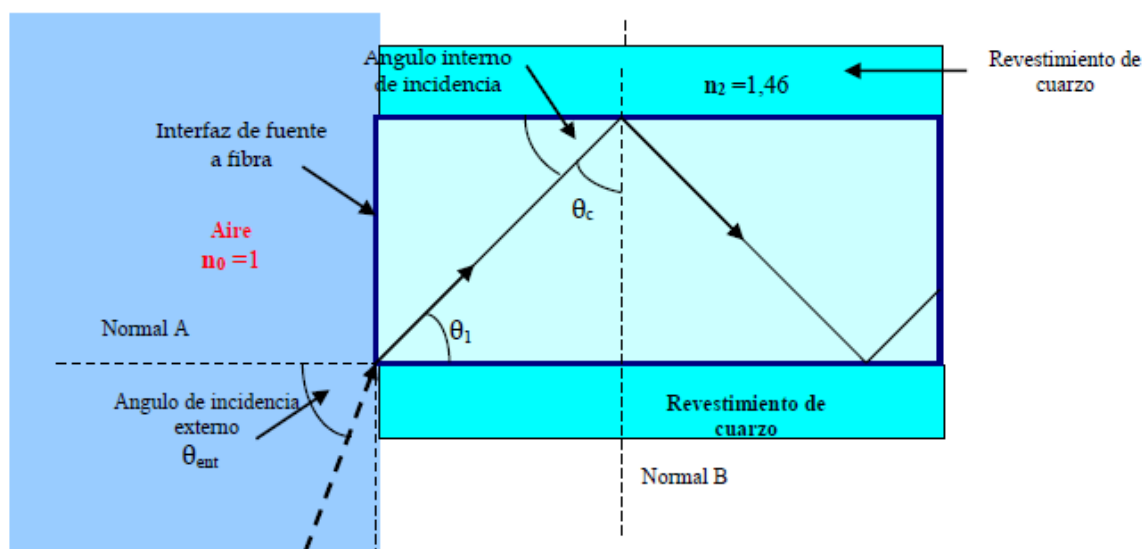


Figura 1.4. Propagación de haz de luz en fibra

Fuente: Wayne Tomasi, 2003

Por esto y por la ley de Snell los rayos se refractan acercándose a la normal, lo que provoca que los haces cambien de dirección y se propaguen diagonalmente por el núcleo con el ángulo θ_c , diferente al ángulo externo de incidencia θ_{ent} en la interfaz aire – vidrio. Para que un haz pueda ser propagado por la fibra, debe llegar a la interfaz entre el núcleo y el revestimiento y formar un ángulo que sea mayor a θ_c , conocido como ángulo crítico. Para obtener su valor se emplea la siguiente fórmula:

$$\theta_{ent} = \sin^{-1} NA$$

$$\theta_{ent} = \sin^{-1} \frac{n_c}{n_n}$$

Se conoce como ángulo de aceptación o medio ángulo del cono de aceptación al ángulo máximo que pueden formar los haces de luz externos al llegar a la interfaz aire – fibra y poder viajar por ella, con atenuación no mayor a 10 dB. Al hacer girar el ángulo de aceptación sobre el eje de la fibra, se obtiene el cono de aceptación, como se puede observar en la figura 1.5.

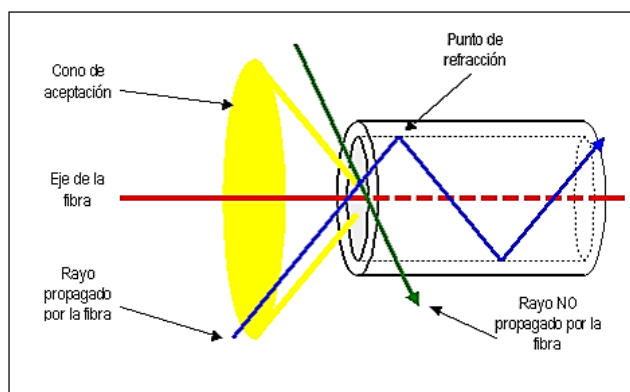


Figura 1.5. Cono de aceptación

Fuente: Blog fibras ópticas TIC 92, 2009

1.12. Apertura numérica (NA)

Conocida por sus acrónimos como NA (*Numerical Aperture*) es el valor utilizado para medir la magnitud del ángulo de aceptación, por lo cual se relaciona directamente con éste. Mediante este método se puede describir la capacidad de enfocar la luz en la fibra óptica, a mayor índice de apertura numérica, mayor cantidad de luz externa es aceptada en la fibra óptica.

Para introducir luz en una fibra óptica desde el aire, se define a la apertura numérica de la siguiente manera:

$$NA = \sin \theta_{ent}$$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

1.13. Atenuación total del enlace

Una parte muy importante a la hora de definir los parámetros para el diseño de la red de distribución de fibra es establecer la atenuación total que tendrá el enlace para tomar decisiones respecto a distancias o potencias de trabajo, para lo cual se emplea la siguiente fórmula:

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L + n_f a_f + n_s a_s$$

Donde;

a_t = atenuación total cable

L = Longitud del cable (km)

a_L = coeficiente de atenuación (dB/km)

n_e = número de empalmes

a_e = atenuación por empalme

n_c = número de conectores

a_c = atenuación por conector

a_r = reserva de atenuación o margen de guarda (dB/km)

n_f = número de fusiones

a_f = atenuación por fusión

n_s = número de *splitters*

a_s = atenuación por *splitter*

La reserva de atenuación o margen de guarda generalmente es de 3 dB, la misma que entrega como su nombre lo indica, un margen para a futuro evitar problemas cuando se deban realizar reparaciones en el cable.

1.14. Pérdidas

Se debe tomar en cuenta que cada elemento de la red introduce pérdidas en el sistema por lo cual es importante mencionar que para cualquier tipo de cálculo o configuración se debe referenciar la hoja técnica del fabricante para poder tomar en cuenta estos valores.

1.15. Dispersión

Fenómeno que ocurre al ensancharse un pulso de luz durante su transmisión por un medio óptico como la fibra, provoca distorsión en transporte de la información. La unidad de medida de la dispersión es [ns/km] y expresa la capacidad máxima que, por determinada longitud, se puede transmitir.

En síntesis, la dispersión es directamente proporcional a la longitud de la fibra. Se tienen 3 tipos de dispersión:

- Dispersión modal
- Dispersión cromática
- Dispersión por modo de polarización

1.15.1. Dispersión modal

La dispersión modal provoca que un pulso de luz se disperse a medida que se propaga a través de la fibra debido a los varios trayectos que toman los diferentes haces de luz que se transmiten a través de la fibra óptica, como se evidencia en la figura 1.6. Se determina en nanosegundos [ns].

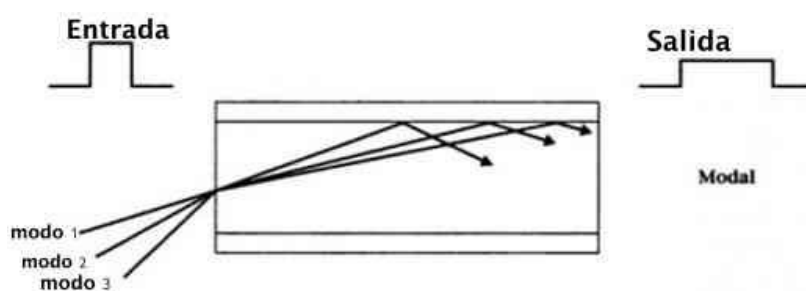


Figura 1.6. Dispersión modal

Fuente: TelPro Madrid, 2007

La dispersión de un pulso puede provocar que los pulsos adyacentes también se vean afectados, a esto se le conoce como interferencia entre símbolos, lo cual incrementa el BER (*Bit error rate*) de la comunicación. (John M, 2009)

Este tipo de dispersión se la encuentra en fibras multimodo, pero se puede reducir si se emplean fibras de índice gradual pero también se puede eliminar su presencia por completo al utilizar fibras monomodo.

1.15.2. Dispersión cromática

Se refiere al retardo (deformación) espectral de un pulso óptico conforme se propaga por la fibra. La fibra óptica convencional tiene un coeficiente de dispersión positivo, esto quiere decir que a mayores longitudes de ondas se tiene un mayor tiempo de tránsito a través de la fibra comparado con las longitudes de ondas cortas. (Fibra Óptica Ciencia y Tecnología, 2009) Este diferencial de retardo hace que el pulso se deforme, como se observa en la figura 1.7.

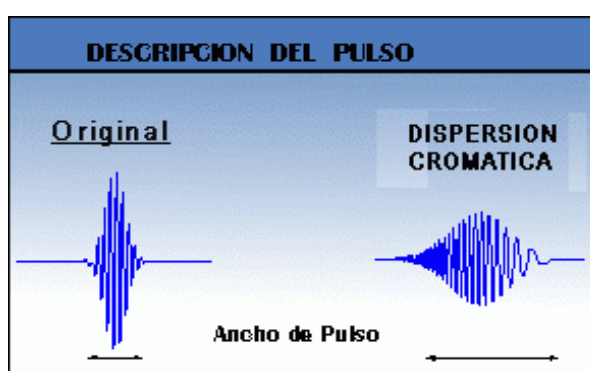


Figura 1.7. Dispersión cromática

Fuente: Blog fibra óptica Perú, 2014

En la transmisión digital, un pulso está formado por una serie de longitudes de onda, cada uno a diferentes velocidades debido a las propiedades del medio. En tramos largos de fibra la dispersión cromática puede dar como resultado pulsos que se deforman de tal manera que se sobre solapan y causan interferencia inter- simbólica, en el receptor que ve incrementada la tasa de error.

La dispersión cromática es el resultado de dos efectos diferentes: la dispersión del material y la dispersión de guía de onda. En el vidrio de sílice, la velocidad de la luz es dependiente de la longitud de onda de la señal. La dispersión del material explica el

ensanchamiento de un pulso óptico debido a las velocidades diferentes de las frecuencias ópticas que constituyen un pulso, como se aprecia en la figura 1.8. La dispersión de guía de onda se refiere a las diferencias en la velocidad de la señal que dependen de la distribución de la potencia óptica sobre el núcleo y el cladding de la fibra óptica. Conforme la frecuencia de la señal óptica disminuye, la mayoría de la señal óptica es transportada en el cladding que tiene un índice refractivo diferente que el núcleo de la fibra.

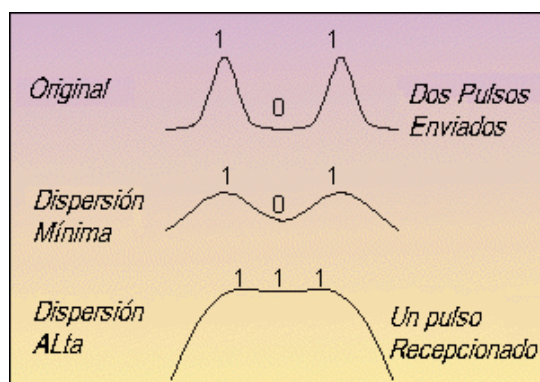


Figura 1.8. Sobresolapamiento de pulsos

Fuente: Blog fibra óptica Perú, 2012

La unidad de medida para la dispersión cromática es del ps/(nm-km) que indica que un pulso con una anchura espectral de un nanómetro se ensanchar por un picosegundo por cada kilómetro que viaja.

1.15.3. Dispersión por modo de polarización

También se la conoce por sus iniciales como PMD (*Polarization Mode Dispersion*), presente únicamente en fibras monomodo, puede distorsionar la señal al hacer inmanejables los bits de transmisión, lo que destruye la integridad de la red.

Se presenta por la irregularidad en el núcleo de la fibra al no ser perfectamente redondo, lo cual provoca distorsión en un haz de luz al momento de ser leído por el receptor. Cualquier curvatura, torsión o asimetría en la fibra provoca efectos de transmisión a diferente velocidad. La dispersión por modo de polarización se representa en $\text{ps}/\text{km}^{1/2}$.

1.16. Tipos de fibra óptica

De acuerdo a la aplicación del cable existen dos tipos de fibra, multimodo y monomodo, que se distinguen en la figura 1.9. Para la utilización de cualquiera de estos tipos de cable, se toman en cuenta: distancias a cubrir, velocidades de transmisión, aplicación del sistema, atenuación del enlace, medio ambiente, equipamiento disponible, entre otros.

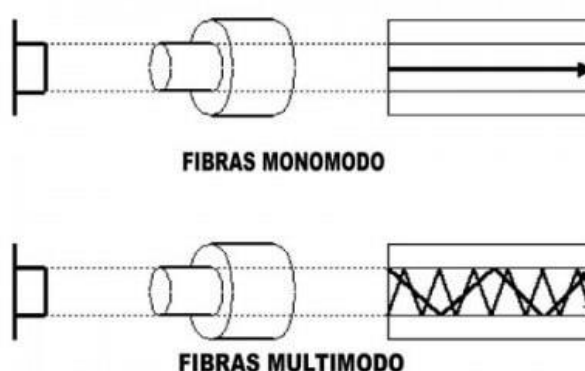


Figura 1.9. Trayectoria de haz de luz en fibras monomodo y multimodo

Fuente: Fibra óptica hoy, 2013

1.17. Fibra óptica multimodo

Es utilizada en tramos por debajo de los 2 km, para longitudes de onda de 850nm y 1310nm, el ancho de banda de un sistema con fibras multimodo depende de su longitud. Son instaladas en caminos cortos, campos educativos, ciudadelas, edificios. Los sistemas típicos empleados son voz, datos y video. Dentro de la fibra multimodo se tienen cinco variantes: OM1 de 62,5 micras, OM2 de 50 micras, OM3 de 50 micras, OM4 de 50 micras y OM5 de 50 micras. (The Fiber Optic Association, Inc., 2014) Todas las fibras tienen el mismo diámetro de revestimiento de 125 micras, a excepción del cable de fibra de 50 micras que tiene un núcleo más pequeño, cómo se evidencia en la figura 1.10.

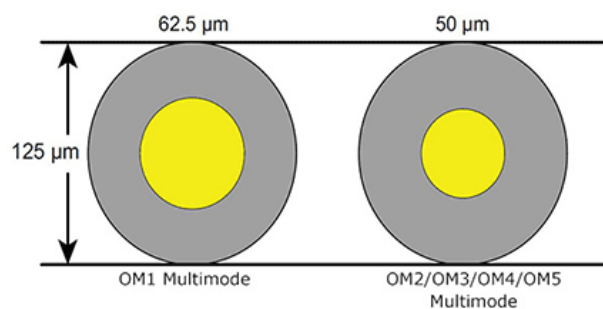


Figura 1.10. Diámetro fibra multimodo

Fuente: Blackbox, 2010

El equipamiento en fibras multimodo es más económico en relación a las fibras monomodo, la conectorización también es de bajo costo, pero el costo de la fibra es superior a la monomodo. Trabaja en las ventanas de 850 nm y 1300 nm y su fuente emisora es un LED. En la tabla 1.3. se pueden observar las distancias que permite cubrir en base a su tipo. (Zaldívar, 2015)

Tabla 1.3. Distancia con fibra multimodo

Velocidad (Mbps)	Núcleo	
	62.5/ 125	50/ 125
	Distancia	
Ethernet (10/100)	2 km	2 km
Giga Ethernet (1000)	275 m	550 m
10GigaEthernet (10000)	33m	82 m

Fuente: fibra óptica Hoy, 2013

1.18. Fibra óptica monomodo

Fibra con un diámetro de 9/ 125 nm utilizada principalmente para cubrir grandes distancias, con tramos de hasta 100 km, en aplicaciones *long haul*. Transmite únicamente un rayo de luz, el costo de sus conectores es más alto que las fibras multimodo pero compensa con el costo del cableado de fibra. Los medios activos necesarios para fibra multimodo presentan costos altos, transmite luz mediante una fuente de luz led láser. (The Fiber Optic Association, Inc., 2014). Existen dos tipos de cables que básicamente se diferencian por el tipo de hilo de fibra empleado para su construcción, la fibra monomodo OS1 elaborada con fibra G.652 que presenta un máximo de atenuación de 1 dB por km en

la ventana de 1300 a 1500 nm y OS2 fabricada con fibra G.652 C- D con un máximo de atenuación de 0,4 dB por km. Esta fibra es ideal por presentar un bajo pico de agua, por lo cual es óptima para aplicaciones CDWM Metropolitanas, con amplios rangos de longitud de onda. En la figura 1.11. se puede conocer su estructura.



Figura 1.11. Estructura fibra monomodo

Fuente: Solutions FX, 2015

1.19. Cables de fibra óptica

1.19.1. Stranded Loose Tube

En este cable las fibras están dispuestas dentro de *buffers* en grupos de 12 fibras por *buffer*, de manera holgada. Posee un elemento central que es el que le brinda soporte al cable, que puede ser de fibra de vidrio, plástico o aramida. Este cable es recomendado para redes troncales puesto que maneja altas capacidades en cuanto a cantidad de hilos se refiere. En la figura 1.12 se aprecia su composición.

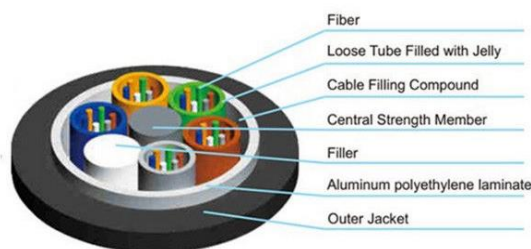


Figura 1.12. Cable stranded loose tube

Fuente: Furukawa, 2017

1.19.2. Central Loose Tube

A diferencia del cable *stranded loose tube*, contiene un solo *buffer* central en el cual los hilos se encuentran holgados, son recomendados para acometidas por lo cual manejan baja capacidad de hilos, hasta 12. Los 2 elementos de fuerza se encuentran alrededor de la chaqueta que cubre el *buffer* de fibras central y se observan en la figura 1.13.



Figura 1.13. Cable central loose tube

Fuente: Furukawa, 2017

1.19.3. Cable Drop

Cable muy delgado utilizado comúnmente para redes de última milla de tecnología PON. La chaqueta de su recubrimiento puede ser de PVC o material antiinflamatorio. Tienen un alto grado de manipulación por lo cual soporta curvaturas bastante pronunciadas. Su tendido parte desde las NAPS hasta el equipamiento interno del usuario final, conocido como ONT. Por sus características es un cable de baja capacidad, contiene hasta un máximo de 4 hilos.

1.19.4. Red feeder

Para la red de alimentación se utilizará cable de fibra óptica de tipo ADSS (*All Dielectric Self Supported*/ Cable dieléctrico auto soportado), es típicamente utilizado en tendidos aéreos caracterizado por no tener ningún componente metálico, de donde proviene su nombre. En la figura 1.14 se observa su composición.

Puede ser stranded loose tube o central loose tube. Está compuesto por:

- Elementos de tensión
- fibras ópticas
- *Buffers*
- Hilos de aramida para dar protección
- Chaqueta exterior
- Rip cords

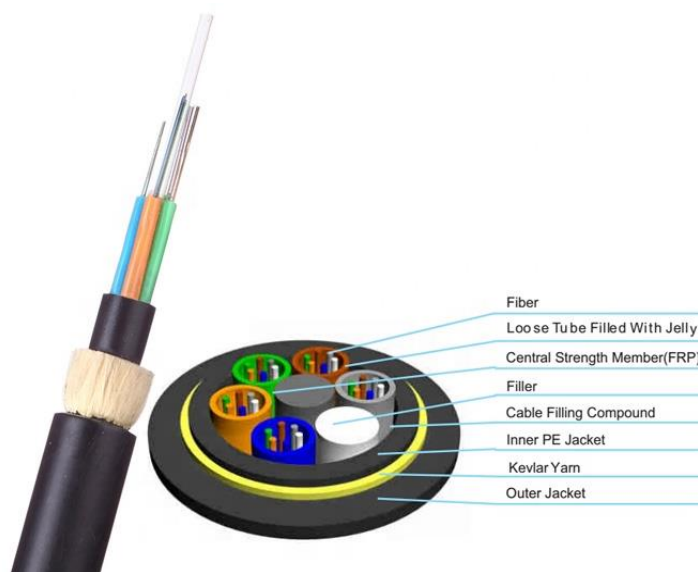


Figura 1.14. Red aérea

Fuente: Catálogo Furukawa, 2017

Para la selección del cable ADSS idóneo es necesario tomar en cuenta el *SPAN* que soporta el cable y también el parámetro *SAG*.

1.20. Conectores

Son los elementos que se encuentran en los extremos de los cables de fibra óptica y permiten realizar la conexión, presentes en *patch cords* y *pig tails*. Los más comunes son los conectores FC, LC, ST y SC, presentan varios tipos de pulidos.

1.20.1. Conectores SC

Conector tipo *push-pull*, al tener una línea recta de ingreso facilita su desmontaje. Hay para cables de 900u, 2 y 3mm. Comúnmente utilizado en la industria, centrales telefónicas, proveedores de internet y TV. Su conector presenta una forma cuadrada como se indica en la figura 1.15.



Figura 1.15. Conector SC

Fuente: Silex Fiber, 2018

1.20.2. Conectores LC

Es un conector a la mitad de las dimensiones de los conectores SC por lo que es posible colocar una mayor cantidad de acopladores en un *patch* panel. Pueden ser encontrados en versiones multimodo y monomodo, simplex o dúplex, con pulido PC o APC. Recomendado para redes de alta velocidad, voz, datos y aplicaciones en centrales de alta densidad. Presente en enlaces con interfaz óptica Gigabit. Se puede observar su forma en la figura 1.16.



Figura 1.16. Conector LC

Fuente: Silex Fiber, 2018

1.20.3. Conectores ST

Este conector suele estar presente en redes de datos, se encuentran de tipo monomodo y multimodo. Es un conector pre armado, con una guía de sintonía fija. Puede ser conectorizado en campo. Presenta un conector mecánico más seguro, como se aprecia en la figura 1.17.



Figura 1.17. Conector ST

Fuente: Silex Fiber, 2018

1.20.4. Conectores FC

Este conector posee roscado en su cabezal, que brinda mayor seguridad en la conexión física y también hermetismo, posee alta resistencia a la tracción. Disponible en versiones para cables de 900u con terminaciones APC o UPC. Se puede apreciar en la figura 1.18.



Figura 1.18. Conector FC

Fuente: Silex Fiber, 2018

1.21. Tipos de pulidos en conectores

Existen tres tipos de pulidos básicos para conectores de fibra óptica, PC, APC y UPC.

1.21.1. Pulido PC

Es el pulido más común utilizado para fibras monomodo y multimodo. Debido a su acoplamiento entre superficies planas, la pérdida en el retorno no se torna crítica. La pérdida en estos conectores suele ser de hasta -40 dB en monomodo. La forma terminal del conector se observa en la figura 1.19.

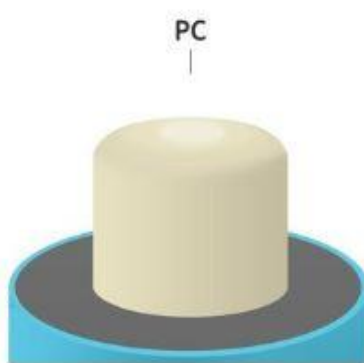


Figura 1.19. Pulido PC

Fuente: Furukawa, 2017

1.21.2. Pulido UPC

El pulido en este conector tiene una forma extendida, se tiene como resultado una mejor forma final, su curvatura simula a una cúpula y se aprecia en la figura 1.20. Estos conectores son usualmente utilizados para conexiones Ethernet, como también en switches, convertidores y dispositivos multimedia, así como también en sistemas de telefonía y datos. Su pérdida típica es de -50 dB.

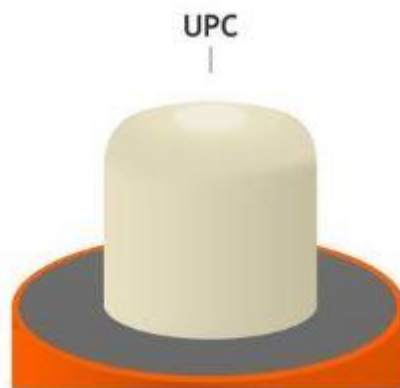


Figura 1.20. Pulido UPC

Fuente: Furukawa , 2017

1.21.3. Pulido APC

El pulido APC favorece al acoplamiento entre dos fibras por su superficie inclinada 8 grados, esto provoca que la reflexión de la luz no retorne al núcleo del hilo de fibra, lo cual aumenta la pérdida de retorno a valores superiores a los 60 dB. Este fenómeno se presenta solo en fibras monomodo debido a su pequeño núcleo que puede provocar reflejo en la señal luminosa. La forma peculiar de su pulido se observa en la figura 1.21.

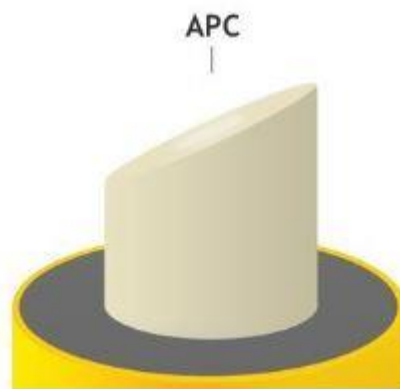


Figura 1.21. Pulido APC

Fuente: Furukawa, 2017

1.22. Splitter óptico

Elemento de la red PON que permite dividir la señal proveniente de un hilo de fibra de entrada hacia 2 o más hilos de salida, tomando en cuenta la cantidad de multiplexación inserta diferente pérdidas al enlace.

La señal de cada salida del divisor posee el mismo contenido, sufre de una pérdida de potencia provocada por la atenuación que inserta este elemento totalmente pasivo. Por cada división que se presenta, la potencia de la señal a la salida disminuye en 3 dB.

1.23. Acopladores

Los acopladores son dispositivos que operan en el dominio óptico y se emplean en la distribución y combinación de señales, la realización de multiplexación y demultiplexión por longitud de onda, la construcción de otros componentes ópticos y la monitorización de sistemas, su función es la de canalizar cierto porcentaje de la potencia óptica total del transmisor en dos o más ramificaciones.

Se usan en redes públicas y privadas de fibra óptica para proporcionar una distribución pasiva y unión de puntos para la transmisión de datos ópticos.

1.24. Normativa para la implementación

1.24.1. Recomendaciones de fibra óptica Serie G.65X

La Unión Internacional de Telecomunicaciones por sus siglas UIT desarrolla normas técnicas o recomendaciones para garantizar la interconexión armoniosa de redes y tecnologías. Para cualquier proceso de telecomunicaciones como realizar una llamada móvil, navegación en internet o enviar un correo electrónico, se siguen procedimientos y normas establecidas por la UIT.

1.24.2. Norma G.652

La recomendación UIT – G.652 describe las características ópticas, mecánicas y atributos para la transmisión en fibras monomodo con dispersión nula en la ventana de 1310 nm. La fibra descrita en esta norma también puede ser utilizada en la ventana de 1550 nm, pero no está optimizada para esta ventana. Revisar Anexo 1.

Esta norma se clasifica en 4 estándares derivados:

- UIT – G.652A
- UIT – G.652B
- UIT – G.652C
- UIT – G.652D

1.24.3. Norma G.652A

Detalla las características que debe tener la fibra para soportar transmisiones de hasta un STM-16 con UIT - G.957 y UIT - G.961, así como transmisiones de hasta 10 Gbps con distancias de hasta 40 km con estándar Ethernet y transmisiones de hasta un STM – 256 con UIT - G.963.

1.24.4. Norma G.652B

Especifica los atributos para tener acceso a velocidades de transmisión más altas como STM-64 con UIT – G.961 y UIT – G.962, STM-256 con UIT - G.963 y UIT - G.959.1.

1.24.5. Norma G.652C

Detalla los mismos atributos que la norma G.652A pero para un ancho de banda mejorado desde 1360nm hasta 1530nm.

1.24.6. Norma G.652D

Detalla similares atributos que la norma G.652B pero para un ancho de banda mejorado desde 1360nm hasta 1530nm.

1.25. Introducción a redes FTTX

Fiber to the X, o redes de fibra hasta X lugar es la descripción utilizada para nombrar a redes de transmisión de alto desempeño, describe varias topologías empleadas para redes de acceso con fibra óptica. Estas redes son totalmente pasivas, lo cual indica que se emplean redes ópticas para el transporte de la señal hacia los usuarios finales, como se aprecia en la figura 1.22.

Para clasificar los tipos de redes FTTx existentes se toman en cuenta los siguientes criterios:

- Alcance o longitud de la red
- Medios de transmisión
- Componentes de la red.

Dados estos parámetros, se tiene que existen redes FTTN, FTTC, FTTB, FTTH.

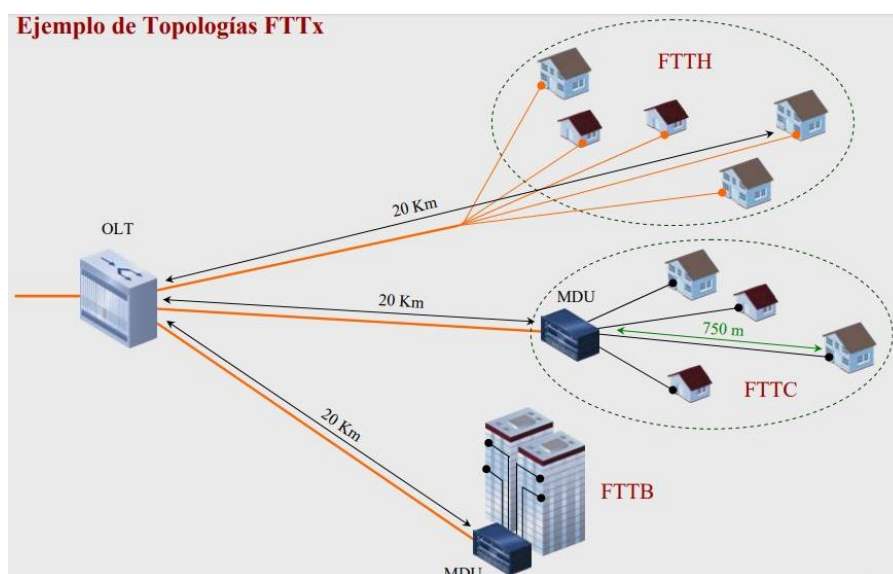


Figura 1.22. Topologías FTTx

Fuente: Lattanzi y Graf, redes FTTx, conceptos y aplicaciones, 2014

1.25.1. Redes FTTN

Conocida en inglés como *Fiber to the Node* o fibra hasta el nodo en su traducción, es una topología en la cual la fibra óptica llega hasta el nodo de comunicaciones, esto se observa en la figura 1.23. A partir del nodo se utilizan otros tipos de cables con los que se cubren hasta 400 metros para llegar al usuario, los más comunes son cobre y coaxial. El cable alimentador de fibra permite interconectar hasta 500 usuarios y velocidades de navegación de hasta 30 Mbps.

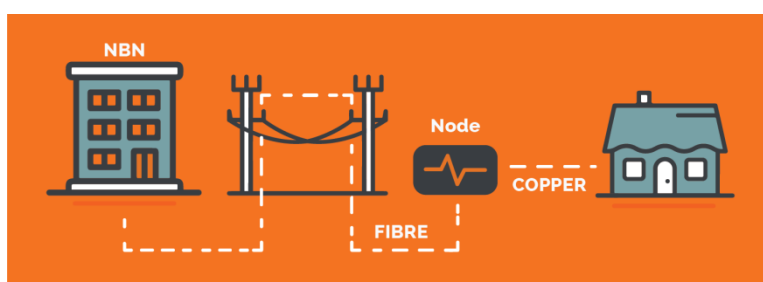


Figura 1.23. Esquema FTTN

Fuente: Iselect, 2016

1.25.2. Redes FTTC

La tecnología *Fiber to the Curb*, en español fibra hasta la acera es una topología que comunica un armario, gabinete o pedestal, con los abonados, como se aprecia en la figura 1.24. Permite cubrir distancias de hasta 300 metros como máximo, con velocidades de acceso de hasta 50 Mbps. El tramo final comúnmente se lo realiza con cable coaxial, fibra o también cobre. Bajo este esquema se realizan conexiones de hasta 100 hogares por fibra.

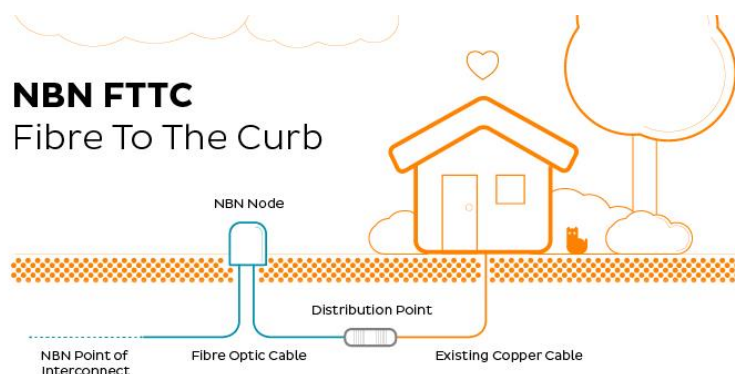


Figura 1.24. Esquema FTTC

Fuente: Blog Innet, 2018

1.25.3. Redes FTTB

Topología de red pasiva de fibra hasta el edificio (*Fiber to the building*) en la cual el tendido de fibra óptica llega hasta el edificio de abonados, a partir de este punto la red de acceso al usuario final puede tomar varios tipos de cables o también mediante acceso inalámbrico. Es necesaria la utilización de un modulador de señal óptica a eléctrica. Se pueden interconectar hasta 32 hogares por fibra, y se alcanzan velocidades de hasta 100 Mbps. Se evidencia su esquema en la figura 1.25.

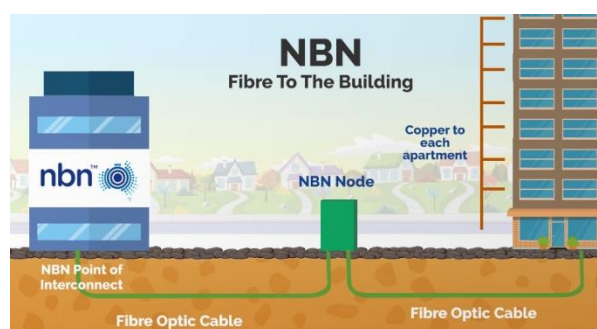


Figura 1.25. Esquema FTTB

Fuente: Whistle Out, 2017

1.25.4. Redes FTTH

Actualmente la tendencia es llegar con fibra óptica hasta el usuario lo cual se logra con redes FTTH (*Fiber to the home* o en su traducción fibra hasta el hogar) mediante la utilización de tecnología de multiplexación WDM. Mediante divisores ópticos como son los *splitters* se reparten las fibras hacia los abonados, una fibra por usuario. Todo el trayecto, desde las centrales hasta el interior del hogar u oficina del usuario se emplea fibra óptica, por lo cual es una red totalmente pasiva, actualmente se puede navegar con velocidades de hasta 1 Gbps. Su esquema se puede observar en la figura 1.26.

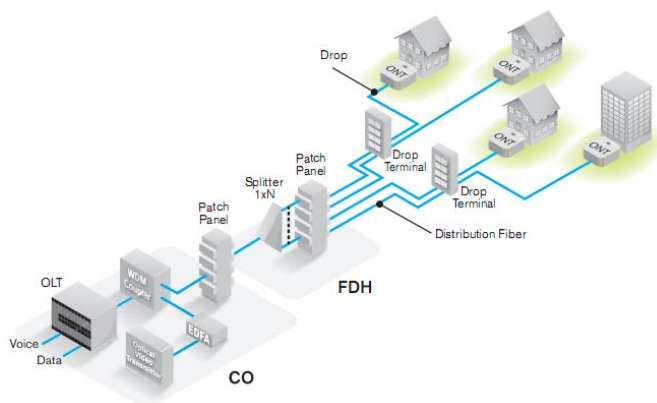


Figura 1.26. Esquema FTTH

Fuente: Synapse, 2013

1.26. Tecnologías PON

1.26.1. Introducción

El concepto de red óptica pasiva (PON) fue propuesto originalmente por investigadores de British Telecom en el año 1987 con el ánimo de disponer de un tipo de red FTTH que fuese económicamente viable y a la vez lo suficientemente flexible como para acomodar nuevos servicios en la medida que fueran dándose a conocer. Aunque los esfuerzos iniciales se centraron en demostrar la paridad en cuanto a costo con respecto a otras infraestructuras basadas en el uso de cables de cobre al transportar telefonía básica y servicios de bandas estrecha (TPON o “*Telephony over PON*”), pronto quedó claro que dicho concepto era válido para poder soportar servicios de banda ancha basados en el transportes de señales ATM, lo que da lugar a las denominadas redes APON (ATM – PON). (Stallings, 2002). Su evolución puede ser observada en la figura 1.27.

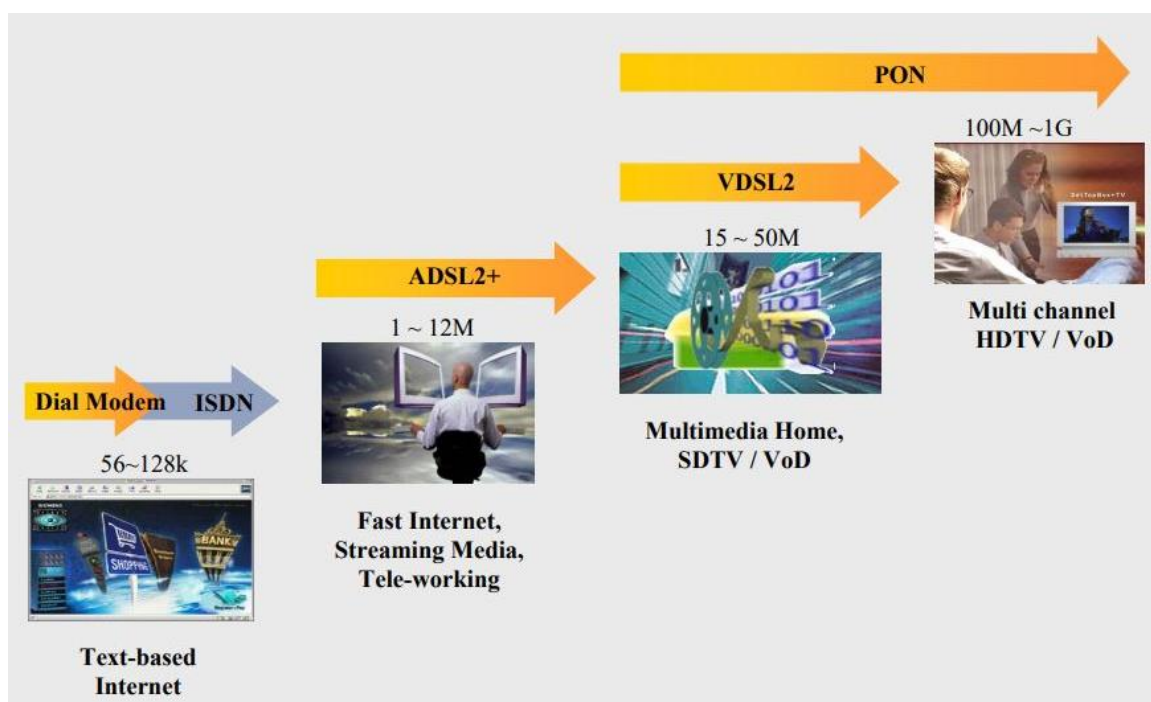


Figura 1.27. Evolución tecnológica y ancho de banda

Fuente: Lattanzi y Graf, redes FTTx, conceptos y aplicaciones, 2014

Gracias a la aparición de nuevos servicios de banda ancha más una alta competitividad en el segmento de las telecomunicaciones la Sociedad de la Información ha avanzado a pasos agigantados, esto ha provocado un desarrollo de tecnologías capaces de ofrecer mayor ancho de banda con costos bajos, facilidad en la administración de estas redes, facilidad en la configuración del equipamiento y mantenimiento mediante acceso remoto.

Inicialmente las redes pasivas ópticas disponían de una terminación óptica conocida como OLT, la misma que era la interface del backbone con la red. Desde el otro extremo el terminal de red óptica conocido como ONT ubicado dentro de un nodo de la red, lo que permite establecer la conexión de servicio con el abonado en donde se tiene una comunicación bidireccional conocida como full dúplex, que permite el envío y recepción de información a la vez.

El esquema de una red óptica pasiva consiste en una tecnología punto a multipunto, existen varias topologías que permiten el acceso a la red, desde las no tan habituales topologías en anillo, árbol – rama, árbol y bus óptico lineal, para cada una de las derivaciones se emplean divisores ópticos conocidos como *splitters*, ofrecen varios

esquemas de división de acuerdo a la necesidad y también varios niveles de división acorde a la densidad o cobertura que se desee cubrir, como se observa en la figura 1.28.

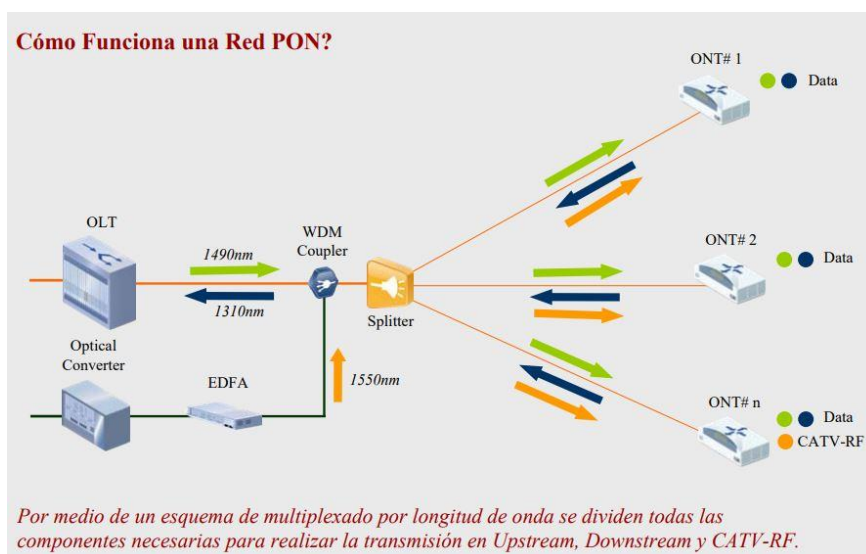


Figura 1.28. Esquema general red PON

Fuente: Lattanzi y Graf, Redes FTTx, Conceptos y Aplicaciones, 2014

1.26.2. Componentes de una red PON

A nivel general una red PON consta de los siguientes elementos:

- OLT - Equipo concentrador
 - Provee enlaces de fibra óptica hacia la red del operador
 - Provee enlaces de fibra óptica hacia los usuarios

- ODN – red óptica de distribución
 - Fibras ópticas
 - *Splitters* pasivos
 - Empalmes
 - Conectores

- MDU – Equipos terminales de red
 - Proveen interfaces de fibra óptica hacia la red ODN
 - Proveen interfaces hacia los usuario finales

- ONT – Equipos terminales de usuario
 - Proveen interfaces de fibra óptica hacia la red ODN
 - Proveen interfaces hacia los abonados.

- Downstream
 - La OLT envía tráfico al utilizar *Broadcast*
 - La ODN es totalmente transparente al envío de datos
 - Cada ONT verifica su dirección en el encabezado de las tramas
 - Se utiliza encriptación debido al envío de información a todas las OLT de la red
 - La OLT determina e informa a la ONT los times slots para el envío de datos.

- Upstream
 - La ONT toma el tráfico del puerto de usuario, que es mapeado en tramas GEM.
 - Mediante la asignación de Time Slots por parte de la OLT, los datos son transmitidos
 - El esquema de transmisión es TDMA
 - Para evitar colisiones se requieren estados de sincronismo precisos
 - Se mapea el ancho de banda para cada ONT mediante DBA.

1.26.3. Redes APON

En 1998 se estableció la primera determinación por el FSAN conocida como APON, lo que le entregó un gran éxito a nivel comercial pero con la deficiencia de tener la capacidad requerida para ofrecer transmisión de video. Inicialmente permitía velocidades de hasta 155 Mbps, lo que mejora notablemente para luego ofrecer hasta 622 Mbps.

Se basaba en el protocolo de transmisión ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), lo cual limitaba la adaptación y el aprovisionamiento de servicios y también determinaba un deficiente transporte de datos.

Se encuentra normado por la recomendación ITU-T G.983.

1.26.4. BPON

En 2001, FSAN presenta *Broadband PON* (BPON) basado también en ATM, que a diferencia de APON introduce una longitud de onda adicional para compensar el problema de transmisión de video presentado en APON, dando como resultado así el transporte de video RF. Esta tecnología tuvo un gran despliegue en los Estados Unidos y Japón con las siguientes generalidades:

- *Downstream* 1244 Mbps
- *Upstream* 622 Mbps
- Nivel de división 1:32
- Eficiencia de transmisión al 70%
- Transporte de señales CATV-RF
- Permite la protección de puertos PON
- Seguridad para downstream mediante AES

1.26.5. EPON

Ethernet PON, aprobado por la IEEE mediante la norma IEEE 802.3ah, definido por EFM en el año 2004 bajo la influencia de la aparición de la tecnología Gigabit Ethernet existente. Permitió el desarrollo de equipamiento que permitía un mejor ancho de banda lo cual mejoraba la navegación a precios más competitivos. Permite la experiencia de navegación simétrica en el orden de 1.25 Gbps y también 2.5 Gbps.

Debido a la carencia de algunas funcionalidades, se dio paso a soluciones propietarias para el transporte de servicios con calidad de operador, la codificación de línea con gran sobrecarga provocó una baja eficiencia de línea, pese a estos inconvenientes tuvo un gran despliegue en Taiwán, Corea del Sur y Japón con las siguientes generalidades:

- Primer draft realizado en el año 2000
- Tasas de transmisión para *downstream* y *upstream* simétricas
- Factor de división de 1:16 y 1:32
- Eficiencia de transmisión al 80% y 60% para servicios de voz

- Transporte mediante tramas Ethernet
- No permite transporte de señales CATV – RF
- Carece de estándar para proteger puertos PON

1.26.6. GPON

La ITU-T empezó su desarrollo por el 2002, pero por el año 2004, meses antes de EPON, se terminaba de definir el estándar Gigabit PON por parte de la ITU-T con la normalización técnica ITU-T G.984.X. Con el desafío de prestar mayores velocidades, este estándar brinda acceso de línea de hasta 2488 Gbps con transmisión simétrica y asimétrica. Transporta tráfico de datos nativo y también permite la transmisión eficiente de otros servicios relacionados a prestaciones IP. El reto con esta tecnología era superar la complejidad que presentaba al igual que sus componentes, lo cual complicaba el desarrollo de productos comerciales al contrario de lo que sucedió con EPON pero para el 2006 ya estos inconvenientes se habían superado y varios operadores habían comenzado su implementación.

GPON está estandarizado bajo las normativas ITU-T G.984.1, ITU-T G.984.2, ITU-T G.984.3 y ITU-T G.984.4, se han realizado continuas actualizaciones en ese estándar.

Utiliza GEM como método de encapsulamiento, lo que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, entre otros) en un protocolo de transporte síncrono basado en el transporte de tramas periódicas de 125 microsegundos, éste método de encapsulamiento basado en el estándar *Generic Framing Procedure* (GFP) normado por la ITU-T G.7041 permite perfeccionar GPON, no solo ofrece mayor ancho de banda sino también es más eficiente lo que permite a los operadores continuar con los sistemas tradicionales de voz sin la necesidad de cambiar el equipamiento instalado y configurado en la red de los usuarios finales.

Su esquema se puede conocer en la figura 1.29. Otro de sus fuertes es la implementación de capacidades de Operación, Mantenimiento y Administración (OAM), lo que permite una eficaz gestión de servicio de extremo a extremo. Generalidades:

- Estándar ITU-T G.984
- Primer draft realizado en 2002
- factor de División 1:64 (1:128 en desarrollo)
- Eficiencia de transmisión del 93% para todo tráfico de servicio
- Transporte mediante tramas GEM
- Permite transporte de señales CATV-RF
- Monitorización de la tasa de error
- Alarmas y eventos
- Ranging automático.

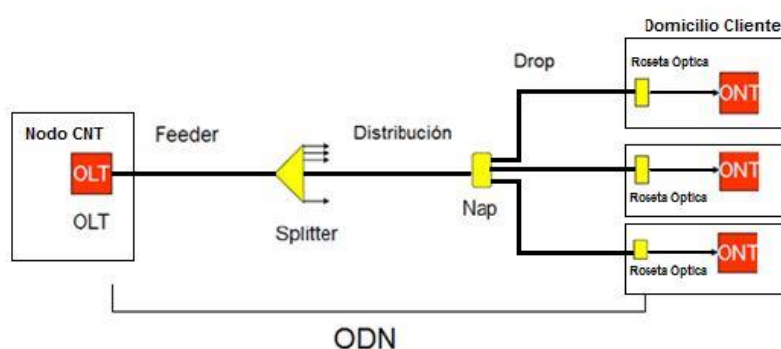


Figura 1.29. Esquema global red GPON

Fuente: Instructivo de instalaciones para clientes finales GPON – CNT, 2015

1.27. Normativas

El ente regulador mediante la LOT – Ley Orgánica de las Telecomunicaciones, establece que toda persona natural o jurídica debe regirse a los lineamientos establecidos por el ente rector, en este caso Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la información.

Existe la NORMA TÉCNICA DESPLIEGUE Y TENDIDO REDES FÍSICAS TELECOMUNICACIONES que consta en el registro oficial 615 del 26 de octubre del 2015, en la que en literal 9 hace referencia a las redes de transmisión de voz, datos y video, y deriva la responsabilidad para el control de tendidos a los Gobiernos Autónomos descentralizados de cada provincia. (ARCOTEL, Norma técnica para el despliegue y tendido de redes físicas soterradas, 2017)

Esta norma define el lugar a ser ocupado por las empresas de telecomunicaciones registradas en la ARCOTEL, así como también define la información que debe contener el etiquetado de cada cable así como su color, que representa a cada empresa y la ubicación en postes de elementos activos y pasivos.

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Metodología investigativa

El desarrollo de este proyecto es de carácter cualitativo y cuantitativo, puesto que se requiere determinar la factibilidad para la implementación de una red de distribución de fibra óptica y a la vez determinar la cantidad de recursos físicos necesarios para una futura implementación.

En la etapa de la fundamentación teórica se emplean técnicas de revisión bibliográfica y por internet, con lo cual se definirán todos los conceptos y teoría necesaria para comprender todos los principios y protocolos de comunicación que maneja esta tecnología. Se ha empleado también la revisión documental de proyectos anteriores enfocados a varias zonas del país pero que se han desarrollado en ciudades principales en las que la necesidad ya se ha visto cubierta por inversionistas privados. También se han estudiado casos en los cuales se identifica que no se realiza un adecuado aprovechamiento de los recursos que componen dichos proyectos.

Para la propuesta se utiliza el método hipotético – deductivo, con lo cual se parte de los conceptos y técnicas revisadas y planteadas en el marco teórico para proceder a realizar el desarrollo de este proyecto.

Para determinar las zonas de dispersión del servicio y la cantidad de puertos que se tendrán disponibles, es necesario hacer un estudio poblacional mediante revisión documental de entidades locales como el Gobierno Descentralizado de la provincia y también el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC para lo cual se toma en cuenta

a todo el universo de la población urbana del cantón y la cantidad promedio de miembros por familia, que permitirá determinar la dimensión de la red.

El desarrollo del presente proyecto permitirá disponer de los lineamientos técnicos requeridos para la implementación de una red de fibra óptica con tecnología GPON la misma que posibilitará el acceso de usuarios de hogares y locales comerciales a la red de internet, el diseño partirá desde el análisis de la realidad actual de la población mediante investigación de campo y recolección de información para identificar requerimientos de la red, ventajas y beneficios de la implementación de una red GPON, cálculos para cada uno de los enlaces de la red, selección del tipo de fibra a implementar en la red de transporte y últimas millas, seleccionar la mejor opción de equipamiento para brindar estabilidad y confiabilidad en la red, realizar el análisis de costos de implementación de la red y presentar la cobertura que se tendrá disponible.

Es necesario llevar a cabo la revisión documental sobre los parámetros técnicos para el diseño de la red así como también recurrir a la normativa vigente en el Ecuador para cumplir con la regulación de los organismos de control para las telecomunicaciones.

CAPÍTULO 3

PROPUESTA

3.1. Situación actual

Se propone realizar el diseño de una red de fibra óptica con tecnología GPON para la cabecera cantonal de Gonzalo Pizarro, el cantón Lumbaqui, con el propósito de aportar al desarrollo de la sociedad de la información, lo que permite acortar las brechas de acceso al internet con tecnología de punta tal y como se estipuló en el proyecto INGENIOS impulsado por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación en el país por el año 2015, en donde se establece “que la internet sea considerada un servicio público Revisar Anexo 2. (ARCOTEL, 2019). Según el código, los organismos competentes vigilarán que el precio de este servicio sea equitativo, y establecerán los mecanismos de control y regulación correspondientes. Además, añade que las universidades y escuelas politécnicas dentro del territorio nacional deberán ofrecer internet inalámbrico libre en sus campus. Sobre este tema, Alfredo Velazco, Director Ejecutivo de Usuarios Digitales, señaló que la internet, Velazco espera que la parte donde se menciona que el servicio es equitativo no signifique más regulación.” (El Comercio, 2016)

El cantón Lumbaqui ocupa el quinto lugar a nivel de población en la provincia de Sucumbíos con un total de 8876 habitantes al censo realizado por el INEC al 2010, lo cual posiciona luego del cantón Lago Agrio el segundo lugar a nivel de tasa de analfabetismo con una tasa del 6,3% de acuerdo a cifras oficiales.

En la tabla 3.1. se presenta una proyección de la población correspondiente a los cantones de la provincia de Sucumbíos, lo cual es clave para el dimensionamiento de los recursos tecnológicos del presente proyecto.

Tabla 3.1. Población al 2020

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN ECUATORIANA, POR AÑOS CALENDARIO, SEGÚN CANTONES 2010-2020					
Nombre de canton	2010	2017	2018	2019	2020
LAGO AGRIO	94.242	111.956	114.503	117.048	119.594
GONZALO PIZARRO	8.876	9.706	9.811	9.911	10.007
PUTUMAYO	10.364	14.188	14.808	15.446	16.106
SHUSHUFINDI	45.529	54.200	55.449	56.698	57.949
SUCUMBIOS	3.505	3.737	3.763	3.788	3.811
CASCALES	11.361	14.442	14.914	15.394	15.882
CUYABENO	7.410	7.270	7.235	7.196	7.154
TOTAL	181.287	215.499	220.483	225.481	230.503

Fuente: INEC, 2018

Este cantón al igual que muchos más a nivel nacional se encuentra olvidado por los gobiernos de turno, lo que da como resultado cifras realmente bajas en relación al crecimiento y penetración de las TICS a nivel nacional.

En base a proyecciones se ha determinado que la población al 2020 en el cantón Gonzalo Pizarro será de 10.007 habitantes lo cual quiere decir que se tiene una tasa de crecimiento poblacional del 0,014% aproximadamente.

3.2. Situación geográfica

El cantón Lumbaqui se encuentra al suroeste de la provincia de Sucumbíos, en la figura 3.1 se puede observar su ubicación desde varias perspectivas, además cuenta con los siguientes límites geográficos:

- Norte: cantón Sucumbíos
- Sur: cantón El Chaco
- Este: cantón Cascales
- Oeste: Cayambe (Pichincha) y Pimampiro (Imbabura).

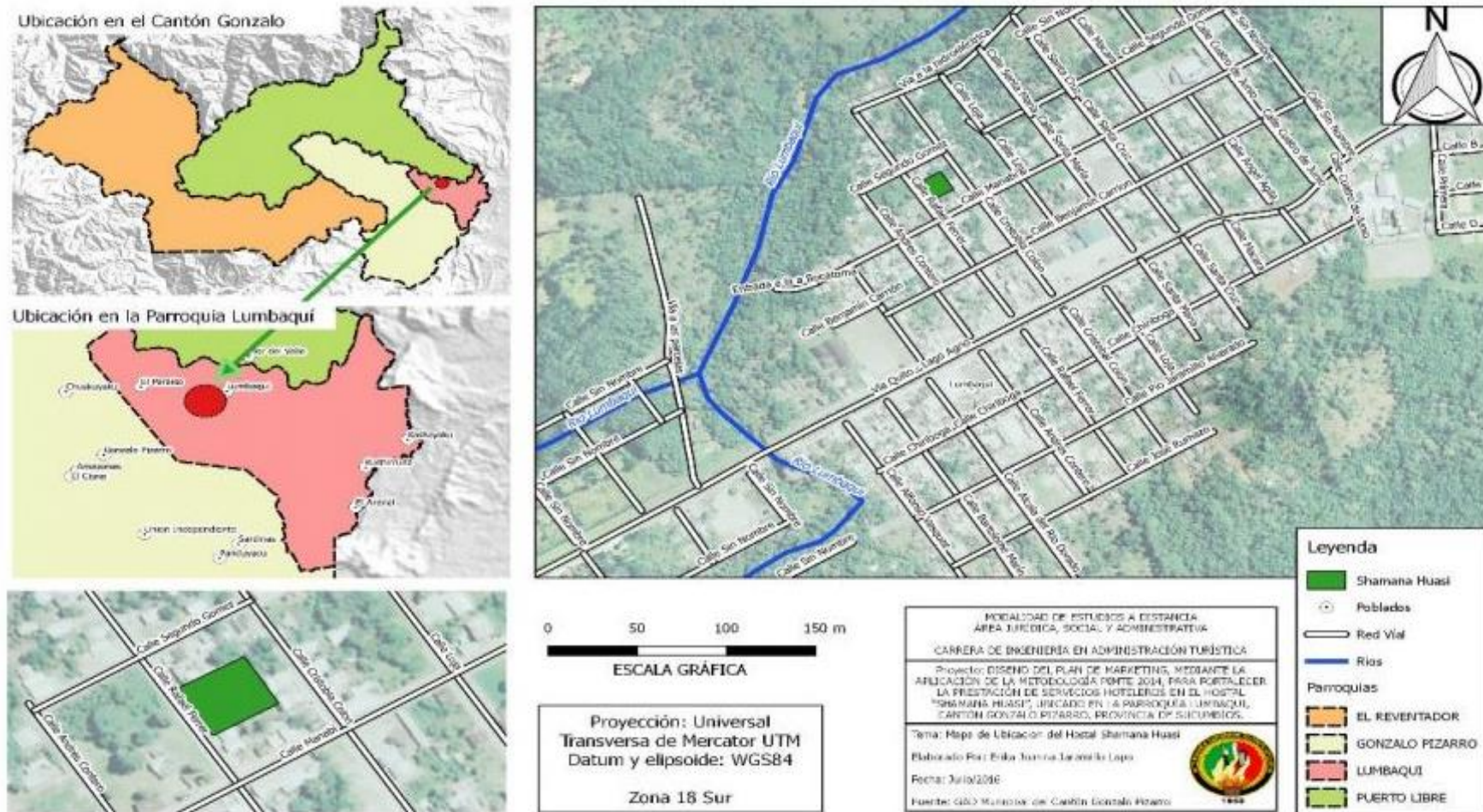


Figura 3.1. Ubicación geográfica Lumbaquí

Fuente: Profesional Técnico GADM-GP, 2015

3.3. Estado actual de acceso a internet en Sucumbíos

Es importante mencionar que a nivel del ente regulador no existe información específica sobre cifras estadísticas en cuanto a cuentas y usuarios del servicio de acceso a internet por cantón en el país, ni tampoco se puede conocer la participación por proveedor, por lo tanto es necesario recurrir a información de gobiernos provinciales para dimensionar la capacidad de la red en cuanto a recursos e infraestructura y así garantizar el acceso a los usuarios a mediano y largo plazo.

En la tabla 3.2. se detalla la información reportada a la ARCOTEL hasta el año 2018, en donde se evidencia la cantidad de cuentas y usuarios del servicio de acceso a internet.

Tabla 3.2. Cuentas y usuarios del servicio de acceso a internet

Cuentas y Usuarios del Servicio de Acceso a Internet		AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES		
Datos de Cuentas y de Usuarios estimados de Internet por Provincia				
Fuente: SIETEL- ARCOTEL				
Fecha de publicación: Abril de 2019				Regresar al Índice
Fecha de corte: Marzo de 2019 (I Trimestre)				
No.	PROVINCIA	Cuentas Totales Oct-2018	Cuentas Totales Nov-2018	Cuentas Totales Dic-2018
22	SUCUMBIOS	11.867	11.920	11.983

Fuente: ARCOTEL, 2019

En base a estas cifras, se observa que en la provincia de Sucumbíos a Diciembre de 2018 se contaban con un total de 11.983 cuentas y usuarios del servicio de acceso a internet. Es importante mencionar que esta cantidad de cuentas corresponde a la distribución poblacional total en zonas urbanas y rurales de los de la provincia por lo cual para determinar el porcentaje de acceso a nivel provincial es necesario recurrir a la población del 2018 que es de 220.483 habitantes, la cantidad de habitantes según el INEC en la provincia es de 4 personas por familia, con lo cual se tiene que en la provincia existen 55211 familias.

Con estas cifras se conoce que únicamente el 21,7% de la población tiene acceso al internet fijo, una cifra muy por debajo del porcentaje de penetración presente durante el 2018 a nivel nacional, según el portal Statista, cuyo análisis se puede revisar en la figura 3.2.

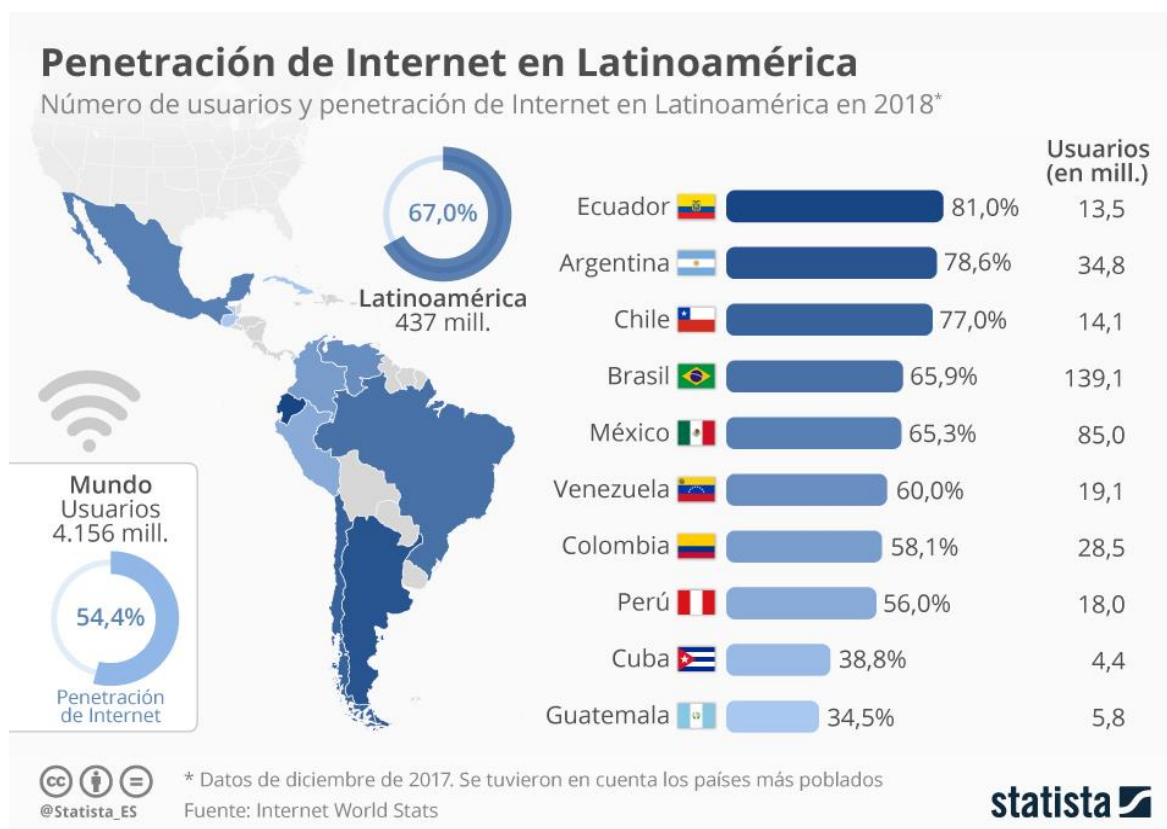


Figura 302 . Penetración de internet en Latinoamérica hasta 2018

Fuente: Statista, 2018

3.4. Estado actual del acceso al internet en Lumbaqui.

En el cantón Lumbaqui según la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones únicamente se tiene el registro de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones como proveedor de servicio de internet fijo, de acuerdo a cifras publicadas por el INEC durante el año 2017 se observa en la Figura 3.3 que únicamente poseen acceso a servicio fijo el 16,6% de la población rural, es decir solamente 403 familias, esto limita el acceso a 2023 familias. En porcentajes, la figura 3.4 muestra el porcentaje de personas que utilizan el internet a nivel nacional, separado por provincias.

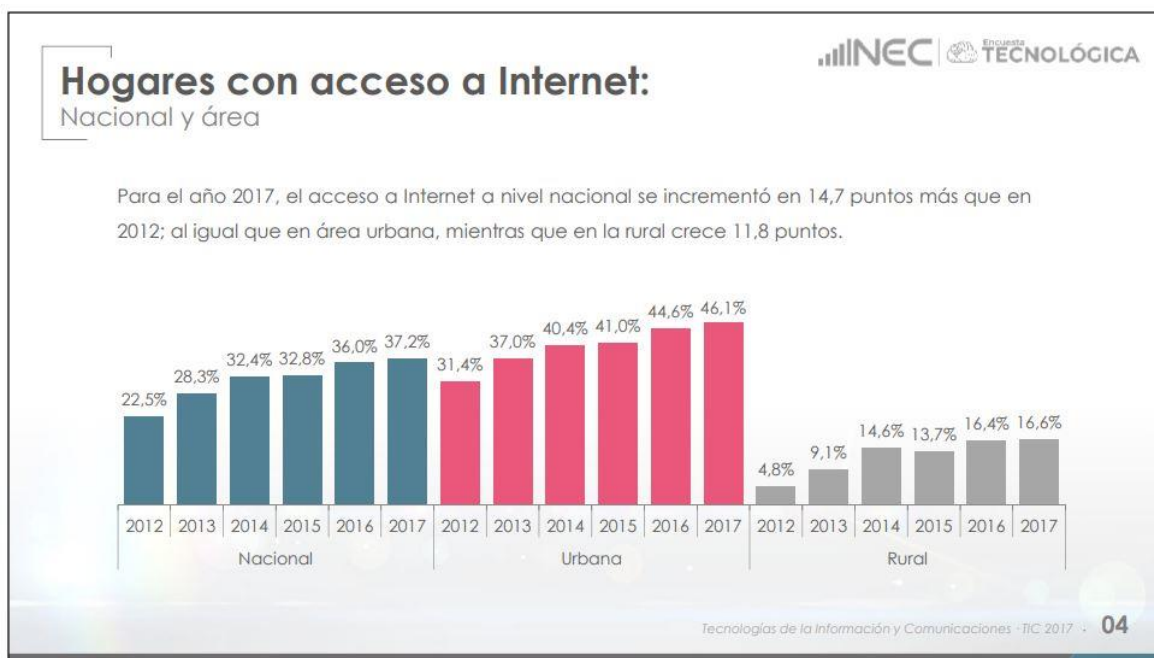


Figura 3.3. Hogares con acceso a internet

Fuente: INEC, 2018

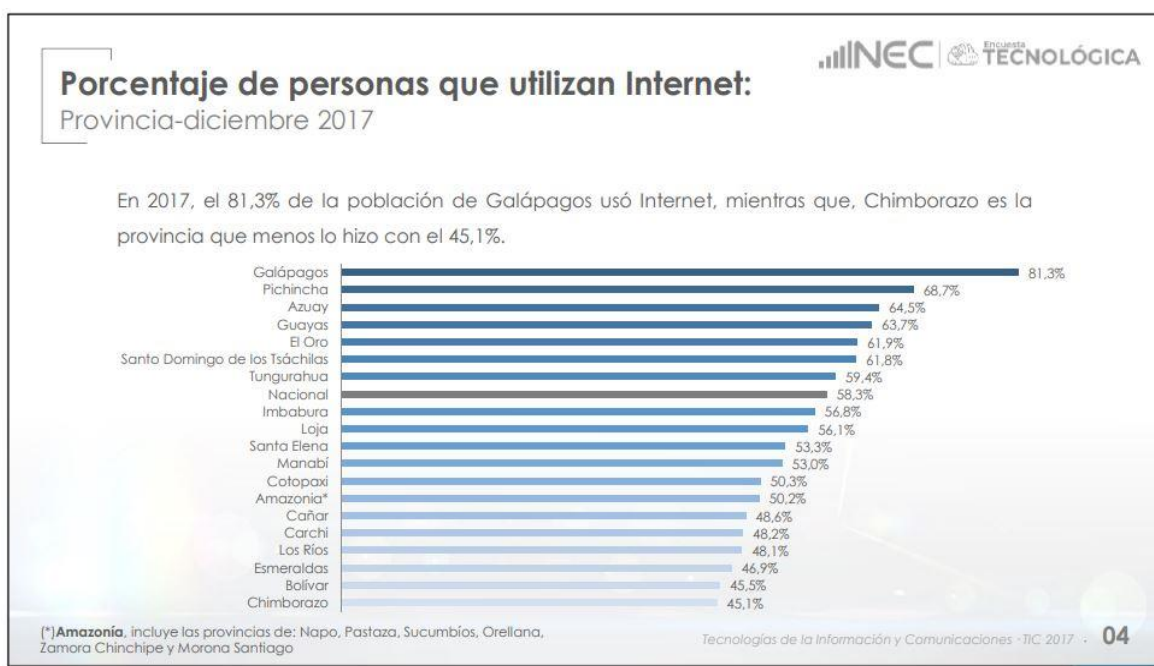


Figura 3.4. Porcentaje de personas que utilizan internet.

Fuente: INEC, 2018

3.5. Idea integral de la propuesta

Para la elaboración de este proyecto se ha dividido en 3 etapas determinadas de acuerdo a los bloques detallados en la figura 3.5.

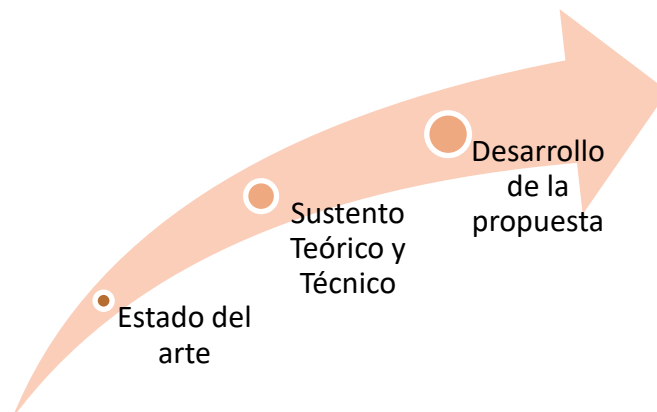


Figura 3.531. Módulos del proyecto

Fuente: Elaborado por el autor

3.6. Módulos de la propuesta

Luego de haber consolidado toda la información a nivel teórico, se deben estructurar las etapas que permitirán definir el diseño de la red de acuerdo al diagrama de la figura 3.6



Figura 3.632. Etapas de desarrollo

Fuente: Elaborado por el autor.

3.7. Elementos y análisis de planta externa

3.7.1. Red aérea

Es aquella en la que el tendido del cable se lo realiza de forma aérea, suspendida en los elementos principales de este tipo de red que son los postes, se utilizan cables de fibra específicos de acuerdo a varios parámetros que se analizarán más adelante.

El ente regulador del sistema de postes en la provincia de Sucumbíos es la CNEL EP (CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD), a quienes se debe solicitar los permisos correspondientes para el uso de su espacio. En la figura 3.7. se puede observar la implementación del sistema de soportes por parte de la mencionada entidad.



Figura 3.7. Red aérea

Fuente: Elaborado por el autor

3.7.2. Rack

Para el caso práctico de este diseño de red es necesaria la implementación de un rack en el nodo de la red, que albergará el equipamiento activo y pasivo de la red, como paneles de interconexión de fibras, bandejas de empalmes, equipos, elementos y cables de patcheo. Revisar Anexo 3.

Existen diversos tipos de rack que básicamente se diferencian por la aplicación o el lugar de instalación, es así que pueden ser racks abiertos, cerrados, para montaje sobre pared, abatibles, entre otros. En la figura 3.8. se aprecia un rack vertical de piso, similar al que se debe instalar en este diseño.



Figura 3.8. Rack vertical

Fuente: Catálogo Panduit, 2019

3.7.3. Distribuidor de fibra óptica - ODF

Es un elemento pasivo cuyo objetivo es servir como un punto de interconexión entre el cable proveniente de la planta externa y los equipos activos presentes en el rack, como la OLT. Consiste en una caja metálica que presenta puertos de ingreso de cables acorde a su capacidad, mientras más puertos, mayor cantidad de ingresos.

Tiene un área de patcheo con faceplates que poseen adaptadores en donde se conectan la terminación del cable de fibra con el *patch cord* hacia el equipo activo. Internamente contiene las bandejas de empalme, en donde se encuentran las fusiones de fibra. Revisar Anexo 4.

Su capacidad depende de los requerimientos en cuanto a recursos. Para el patcheo puede ser de forma frontal, transversal o inclinada, esto no obedece a criterios técnicos sino más bien a la comodidad para su manipulación. En la figura 3.9 se observa un ODF con bandeja auto soportada, el que se recomienda en este diseño.



Figura 3.9. ODF

Fuente: Catálogo Guangdong, 2019

3.7.4. Patch cord y pigtail

Los *patch cords* son cables elaborados que permiten conectar el ODF con el equipo activo, contiene un solo hilo de fibra recubierto por una chaqueta de 2 o 3 milímetros en sus dos extremos posee conectores ópticos. Revisar Anexo 5.

El *pigtail* es un hilo de fibra con una cubierta de 900 micras, que se fusiona a un hilo de fibra que en este caso proviene de la planta externa para poderse conectar al ODF por lo cual presenta conector a un solo extremo. Revisar Anexo 6.

En la figura 3.10. se aprecia un *patch cord* de color amarillo con 2 conectores a sus extremos y también un *pig tail* de color naranja con solamente un conector y el otro extremo libre para ser fusionado.



Figura 3.10. Patch cord y pigtail

Fuente: Catálogo Furukawa, 2019

3.7.5. Cajas de revisión

Son consideradas pequeños ODF con la capacidad de hasta 4 adaptadores, debe poseer un splice holder para poder contener los tubillos que refuerzan la fusión del cable de acometida con el *pigtail* respectivo que se conectará al divisor, como se observa en la figura 3.11. Suele tener un puerto de ingreso de cable, se emplean para reducir costos y espacio.

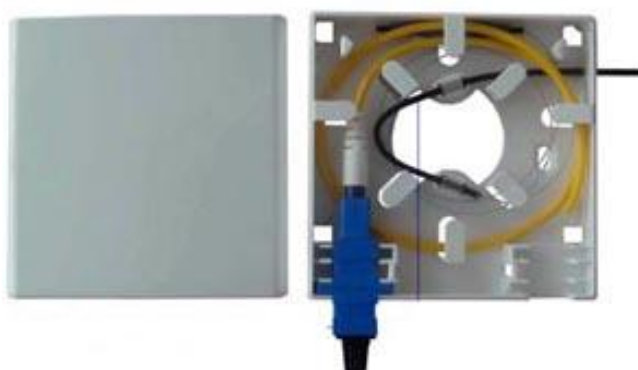


Figura 3.1133. Caja de revisión

Fuente: Catálogo Optytech, 2019

3.7.6. Rosetas

Son comúnmente empleadas en redes FTTx en la última milla como punto terminal de red en la pared. Hasta aquí llega el cable drop proveniente de la caja NAP más cercana. Además de proporcionar un puerto de conexión, permite organizar el cableado interno, se observa su estructura en la figura 3.12.

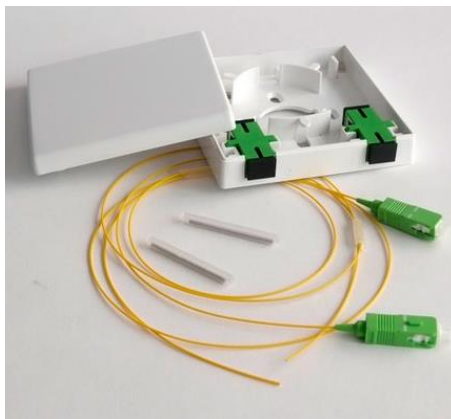


Figura 3.12. Roseta

Fuente: Catálogo Optytech, 2019

3.7.7. Manga de empalme

Equipamiento utilizado para proteger las fusiones en construcciones nuevas, trabajos de reparación y también mantenimiento. Existen para todo tipo de tendidos, como son aéreos, directamente enterrados y canalizados, posee una gran resistencia mecánica en su cubierta. En su interior se encuentran bandejas de empalme para alojar las fusiones. Es recomendable que las mangas tengan varios puertos de entrada y salida para realizar derivaciones. Existen mangas de tipo lineal y de tipo domo como es el caso de la figura 3.13., cada una con sus características propias de su aplicación. Es importante el hermetismo de la manga por lo cual poseen sellado que puede ser mecánico, termo contraído o con macillas. Debe poseer un grado IP 68. Ciertos tipos de mangas poseen una válvula de presurización y también punto de aterrizaje para fibras que poseen mensajeros de acero.



Figura 3.13. Manga de empalme

Fuente: Catálogo Optytech, 2019

3.7.8. POS – Passive Optical Splitter

Elemento de la red PON que permite dividir la señal proveniente de un hilo de fibra de entrada hacia 2 o más hilos de salida como se evidencia en la figura 3.14., tomando en cuenta la cantidad de multiplexación. La señal de cada salida del divisor posee el mismo contenido, sufre de una pérdida de potencia provocada por la atenuación que inserta este elemento totalmente pasivo. Revisar Anexo 7.



Figura 3.14. Splitter 1x8

Fuente: Catálogo Optytech, 2019

3.7.9. Caja de distribución NAP

La función de las cajas de distribución es la de alojar *splitters* realizar sangrados, proteger fusiones y derivar cables drop hacia los abonados, un puerto para el ingreso de cable y constituyen el punto final de la red feeder. En su interior se alojan los POS o más conocidos como *splitters*, lo cual se aprecia en la figura 3.15. Recibe cables troncales y deriva varios puertos de salida en el orden de 4 hasta 16. Pueden ser empleadas en redes aéreas, canalizadas o dentro de edificios. Revisar Anexo 8.



Figura 3.15. Caja NAP

Fuente: Catálogo Optytech, 2019

3.7.10. Herrajes

Elementos de acero galvanizado que tienen por objetivo sujetar el cable a los tendidos aéreos mediante postes, existen de dos tipos:

- Herrajes terminales; utilizados en tramos largos o cambios de dirección pronunciados, por lo general mayor a 8 grados.
- Herrajes de paso; aquellos utilizados cuando lo único que se necesita es sujetar el cable al poste en tramos cortos o rectos, se observan varios modelos en la figura 3.16



Figura 3.16. Herrajes varios

Fuente: BMA Electric, 2017

3.7.11. Preformados

Son herrajes formados por láminas metálicas reviradas cuya función es sujetar al cable, por lo general son utilizados para cable de fibra ADSS. Para su instalación hay que tener ciertas precauciones puesto que se ejerce presión y fricción directa sobre la chaqueta del cable para evitar su deslizamiento. Se fabrican según el SPAN y el tipo de cable. Se observa su disposición en la figura 3.17.

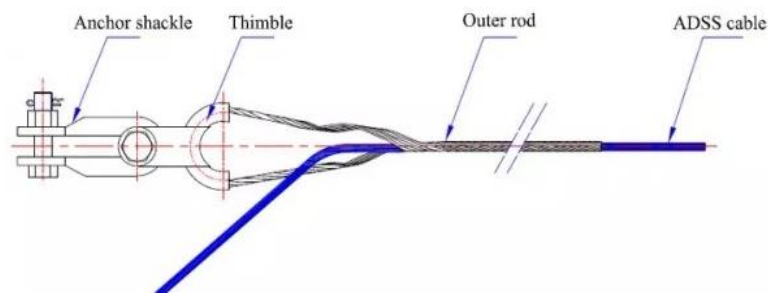


Figura 3.17. Preformado

Fuente: Jahen Telecom, 2015

3.8. Herramientas de software

3.8.1. Google Earth

Software especializado para la georreferenciación mediante imágenes satelitales con fotografías cronológicas y recorridos guiados para poder tener una idea muy clara del lugar que se desea investigar, en la figura 3.18. se aprecia su ventana de bienvenida.



Figura 3.18. Google Earth bienvenida

Fuente: Google, 2019

Dentro de este proyecto se utilizará la herramienta Google Earth para poder mapear la zona de cobertura que tendrá el diseño de red propuesto para el lugar de estudio.

Adicionalmente permite hacer un montaje del diseño de red sobre los mapas actuales de la cabecera cantonal, con lo cual se pueden observar los trayectos que se deberán recorrer para realizar el posterior tendido del cableado o en su defecto tomar las medidas adecuadas para no realizar tendidos que no sean aprovechados en su plena capacidad.

Consta de un buscador en línea de todo el mundo, con el cual se puede ubicar sobre el área de estudio. En la figura 3.19. se puede observar su entorno de trabajo. (EduTEKA, 2007).

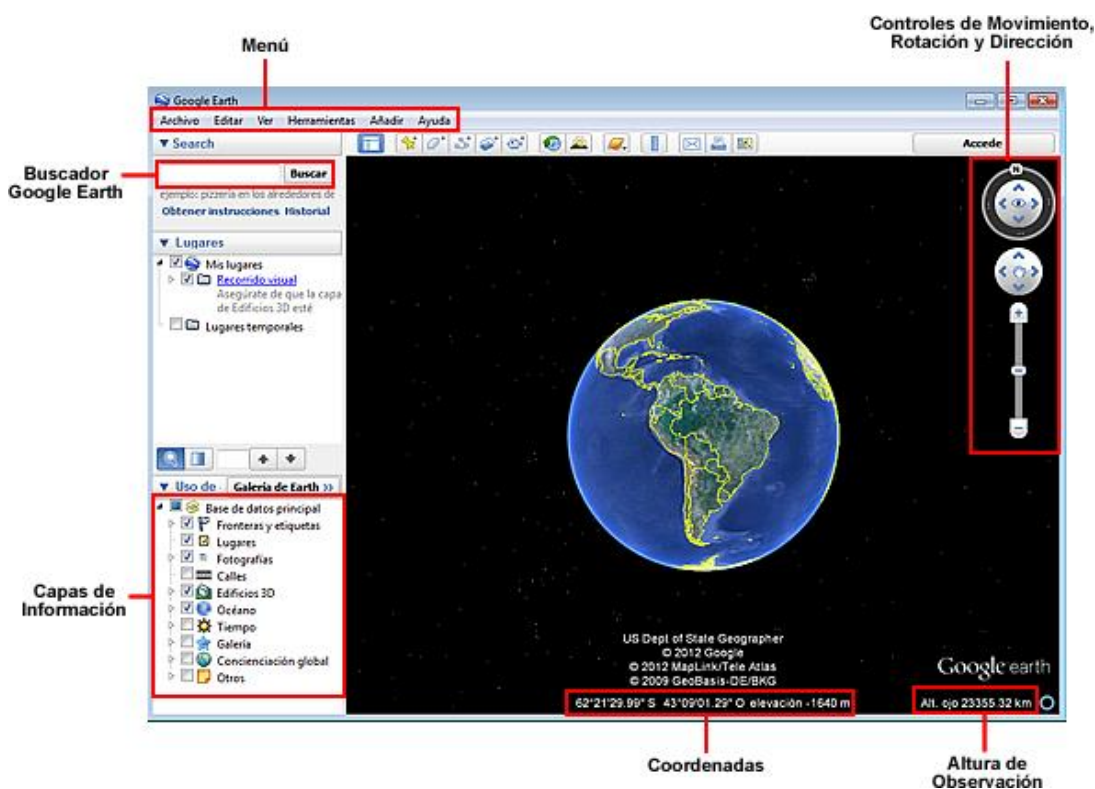


Figura 3.19. Google Earth elementos

Fuente: Jahn Telecom, 2013

Al ser una herramienta georreferenciada, se convierte en un gran aliado para el levantamiento de información respecto a tendidos aéreos y ubicación de equipamiento activo, cajas de distribución, mangas de empalmes, entre otros elementos presentes en la red.

3.8.2. Google Maps

La herramienta del gigante Google posee ciertos diferenciadores necesarios para ser tomados en cuenta al momento de generar un prediseño de la red, como lo es la presencia de capas sobre los mapas disponibles, con lo cual se tiene una idea más clara sobre el posible recorrido que debería tener el tendido. En la figura 3.20. se observa el ícono representativo de esta aplicación.



Figura 3.20. Google Maps imagen

Fuente: Google, 2019

Al ser una herramienta con tomas satelitales, en los lugares con inclemencias climáticas o abundante vegetación, se torna difícil la revisión de los mapas a nivel de satélite, en donde la selección de capas juega un papel bastante importante para poder revisar de manera clara el territorio, como se observa en la figura 3.21.

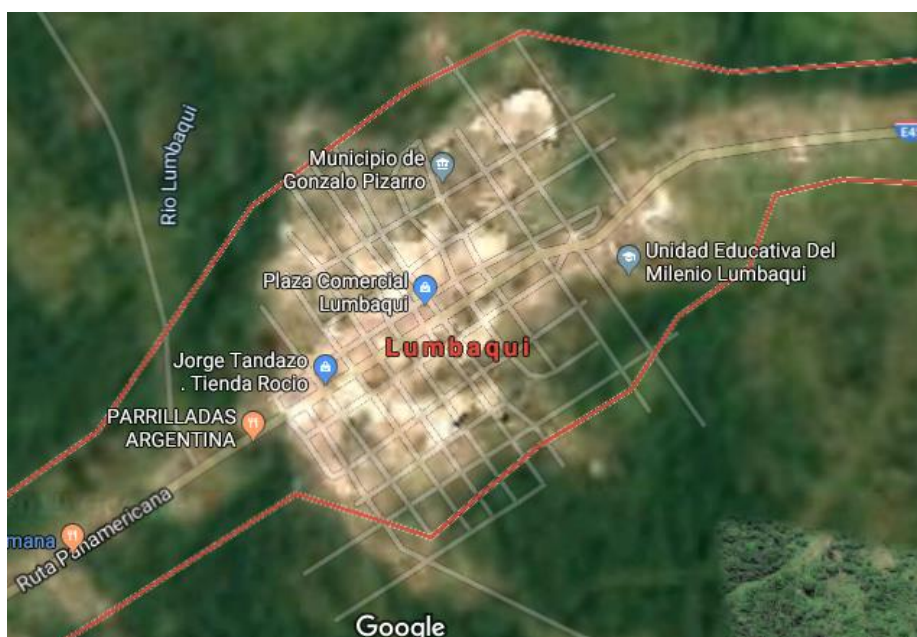


Figura 3.21. Google Maps Lumbaqui

Fuente: Google Maps, 2019

3.8.3. OptiSystem

Es un *software* de simulación de sistemas de comunicación ópticos, con una interface gráfica que contiene librerías con más de 300 componentes activos y pasivos, con la posibilidad de personalizarlo, con herramientas de visualización y post-procesamiento, para un ambiente interactivo. (Optiwave, 2017)

Sus características más relevantes son:

- Diseño y simulación de sistemas ópticos de nueva generación.
- Herramientas de análisis como:
 - Diagramas de constelaciones
 - Diagramas de ojo
- BER (*Bit Error Rate*) o factor Q, etc.
- Simulación de Fenómenos como:
 - Modulación auto-fase 73
 - Modulación cruzada de fase o mezcla de 4 longitudes de onda

Este sistema es licenciado y su versión de evaluación es de fácil descarga e instalación desde la página web de sus desarrolladores, por lo que permite simulaciones por un periodo de evaluación de 30 días. En la figura 3.22. se muestra la interfaz gráfica del entorno del software de simulación.

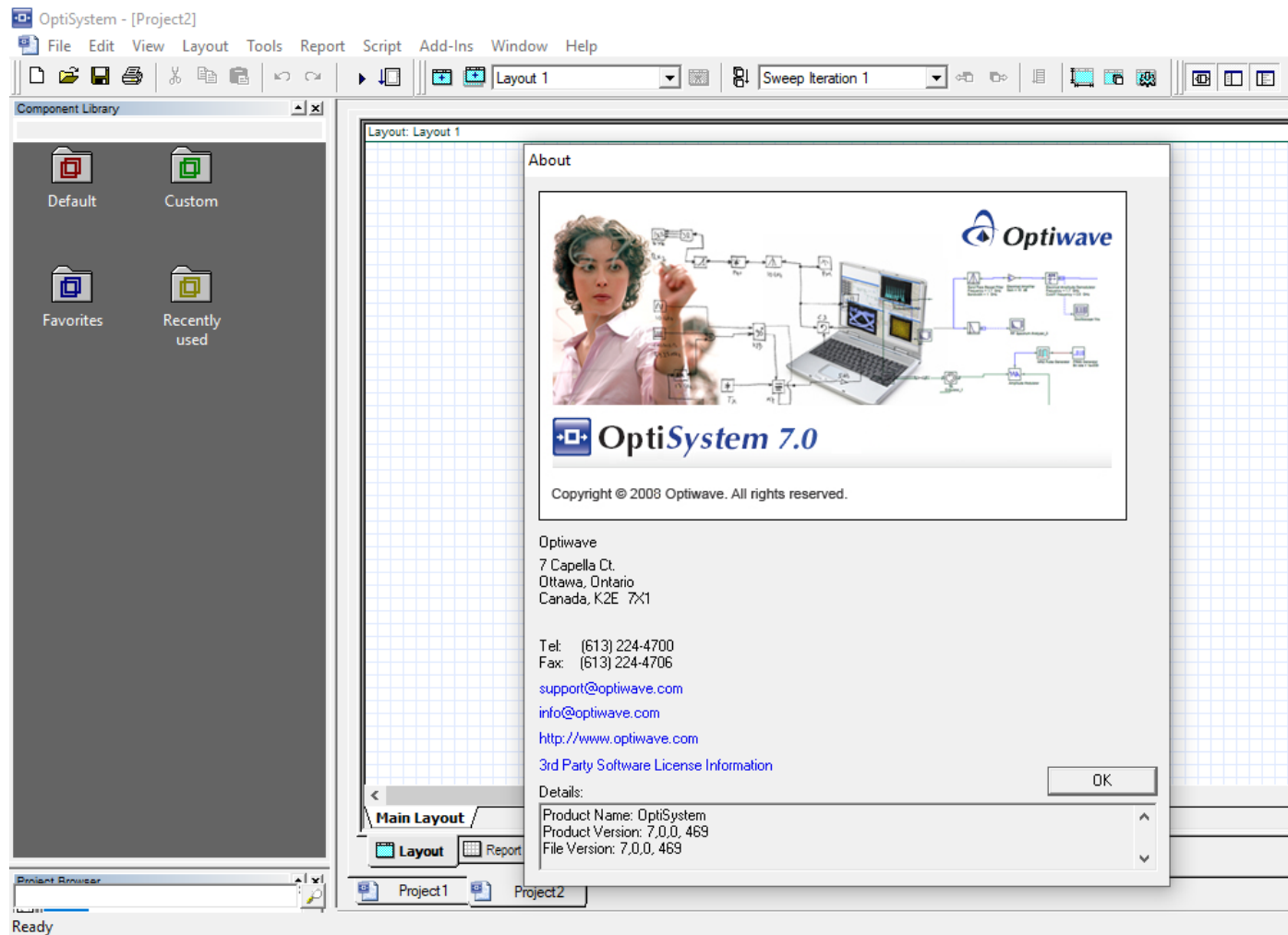


Figura 3.22. Interface Optisystem

Fuente: Microwave, 2019

3.9. Presupuesto equipamiento

Para conocer el valor referencial que se necesita invertir en la construcción de la red de distribución de fibra óptica se realizó el contacto con varios proveedores del medio, con lo cual se tienen los valores indicados en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Presupuesto de insumos

CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO	TOTAL
1	Rack vertical piso	\$300,00	\$300,00
1	OLT HUAWEI SmartAX MA5608T	\$4.000,00	\$4.000,00
4	ADSS Cable SPAN 120M 48FO G652D TWELVE LOOSE TUBE Single Jacket 1000 m	\$1.200,00	\$4.800,00
1	ODF SOPORTADO X 48 PUERTOS	\$170,00	\$170,00
18	Cajas de distribución	\$55,00	\$990,00
36	Splitter 1x8	\$25,00	\$900,00
80	Herraje aéreo tipo A	\$5,00	\$400,00
40	Herraje aéreo tipo B	\$4,00	\$160,00
120	Cinta Eriband metro	\$1,50	\$180,00
72	Pigtail conector SC	\$2,00	\$144,00
48	Patch cord fibra óptica SM 3m	\$3,00	\$144,00
240	Termoformados	\$7,00	\$1.680,00
240	Etiquetas	\$1,00	\$240,00
48	Microtubillos	\$0,50	\$24,00
VALOR TOTAL			\$14.132,00

Fuente: Elaborado por el autor

Adicionalmente a los rubros para adquisición de equipos e insumos, es necesario manejar un presupuesto enfocado a la mano de obra necesaria para el montaje de todos los elementos, éste se ha estructurado en base a la oferta actual en empresas contratistas, estos rubros podemos conocerlos en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Presupuesto mano de obra

CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO	TOTAL
1	Armado nodo	\$200,00	\$200,00
72	Etiquetado	\$5,00	\$360,00
72	Fusiones fibra	\$30,00	\$2.160,00
3500	Tendido fibra	\$0,50	\$1.750,00
18	Instalación cajas	\$50,00	\$900,00
VALOR TOTAL			\$5.370,00

Fuente: Elaborado por el autor, 2019

3.10. Análisis de costos para el primer año

En la tabla 3.5. se muestra la proyección para el crecimiento de abonados en el cantón, tomando en cuenta un crecimiento lineal con el cual se pueden asignar recursos a nivel lógico y físico. La proyección para el primer año contempla el uso de aproximadamente el 50% de los recursos de red disponibles. El cálculo para el ingreso se realiza con una tarifa mensual promedio de 20 USD por un plan de 10 Mbps.

Tabla 3.5. Crecimiento abonados año 1

MES	CRECIMIENTO ABONADOS												TOTAL AÑO 1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	10												
2		10											
3			10										
4				10									
5					15								
6						15							
7							15						
8								15					
9									15				
10										15			
11											15		
12												15	
TOTAL	10	20	30	40	55	70	85	100	115	130	145	160	
INGRESO TOTAL	200 USD	400 USD	600 USD	800 USD	1100 USD	1400 USD	1700 USD	2000 USD	2300 USD	2600 USD	2900 USD	3200 USD	19200 USD
INGRESO POR CLIENTE	20 USD												

Fuente: Elaborado por el autor

3.11. Análisis de costos para el segundo año

Para el segundo año de operaciones se contempla un crecimiento más conservador, pero que al final del ejercicio estará ocupando el 95% de los recursos físicos disponibles, en cuanto al valor mensual y a la oferta de servicio se mantienen los mismos parámetros. Podemos observar este análisis en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Crecimiento de abonados año 2

MES	CRECIMIENTO ABONADOS												TOTAL AÑO 1 + AÑO 2	
13	10													
14		10												
15			10											
16				10										
17					10									
18						10								
19							10							
20								10						
21									10					
22										10				
23											10			
24												10		
TOTAL	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280		
INGRESO TOTAL	3400 USD	3600 USD	3800 USD	4000 USD	4200 USD	4400 USD	4600 USD	4800 USD	5000 USD	5200 USD	5400 USD	5600 USD	73200 USD	
INGRESO POR CLIENTE	20 USD													

Fuente: Elaborado por el autor

3.12. Análisis de resultados financieros

Para conocer la factibilidad en relación a la inversión total a realizarse se requiere de la incorporación de valores ajenos al objetivo de este proyecto, pero que dan una referencia para que posibles inversionistas puedan tomar decisiones al respecto.

Los valores correspondientes a capacidad de navegación e infraestructura de última milla necesaria para establecer una conexión punto a punto, se han obtenido de empresas denominadas Carriers, las mismas que prestan servicios de interconexión hacia el internet.

En base a los resultados obtenidos, se determina que el tiempo que tomará superar el punto de equilibrio son 30 meses, a partir de esto se empieza a recuperar la inversión.

Se pueden analizar estos valores en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Balance general

DETALLE	VALOR
RED DE DISTRIBUCIÓN	\$ 14.132,00
MANO DE OBRA	\$ 5.370,00
INGRESOS AÑO 1	\$ 19.200,00
INGRESOS AÑO 2	\$ 54.000,00
INGRESOS AÑO 3	\$ 67.200,00
COSTO INSTALACIÓN	\$ 42.000,00
EQUIPOS TERMINALES	\$ 18.200,00
ÚLTIMA MILLA	\$ 3.360,00
CAPACIDAD	\$ 46.750,00
NÓMINA	\$ 69.000,00
BALANCE	\$ 25.588,00

Fuente: Elaborado por el autor

3.13. Análisis de tiempos

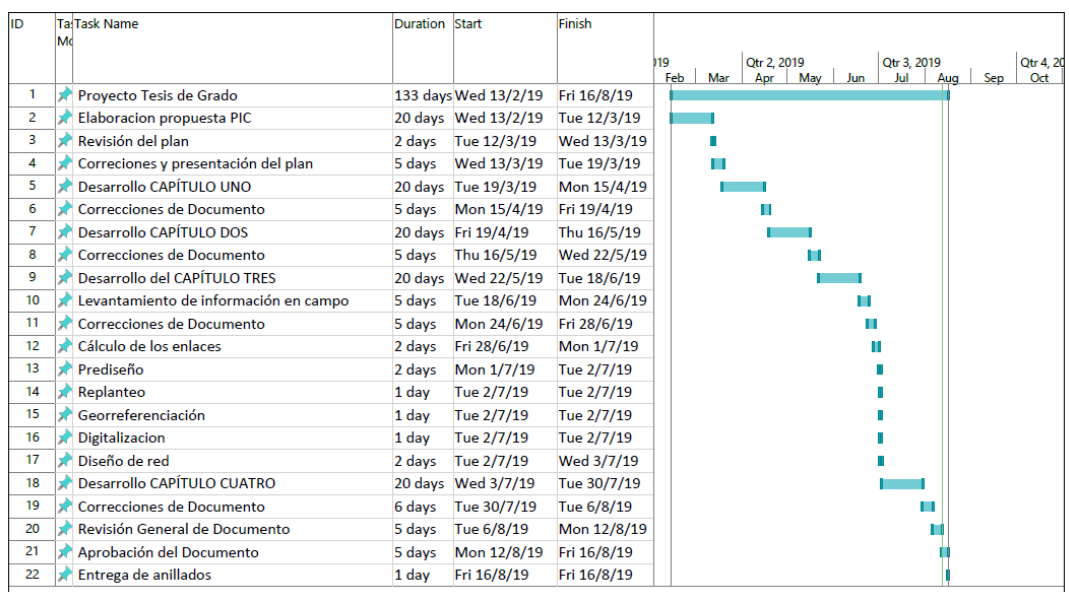
Para el desarrollo del proyecto se contemplan 3 etapas que se contemplan de la siguiente manera:

- Recopilación y análisis de información: En esta etapa se empleó un total de 20 días, tiempo durante el cual se realizó la búsqueda en fuentes bibliográficas, estadísticas,

censos, proyectos de investigación y boletines informativos del GAD Provincial de Sucumbíos, con su respectivo análisis y gestión de la información, esta etapa es clave porque se determinan cifras, porcentajes y estadísticas que permitan realizar un dimensionamiento aterrizado a la realidad del cantón.

- Inspección en Campo (georreferenciación): se procedió a realizar una inspección o visita en campo la cual es muy necesaria porque permite hacer el levantamiento de los medios existentes en campo para el tendido de cable, soporte, ubicación del nodo principal, posibles ubicaciones de las cajas de distribución y georreferenciación del sistema de postes para el trabajo aéreo. Este proceso tomó 5 días.
- Desarrollo del diseño: Una vez disponible la información requerida para redactar el proyecto, se procedió a su estructuración. Hay que tomar en cuenta que es la etapa más extensa porque se deben realizar cálculos, propuestas, selección de los materiales a ser utilizados, análisis de costos y presupuestos, generación de la propuesta en el software de simulación y su respectiva interpretación. Para toda esta etapa se emplearon 41 días. Los tiempos estimados se observan en la Tabla 3.8. y en el anexo 9.

Tabla 3.8 Cronograma



Fuente: Elaborado por el autor

3.14. Ventajas del proyecto

Al haber analizado todos los aspectos técnicos del proyecto y la respectiva inversión necesaria para su implementación, se definen como ventajas lo siguiente:

- En poblaciones pequeñas como la seleccionada, las redes FTTH son la solución ideal por la cobertura que brindan, un *splitter* permite llegar con el servicio hasta 16 abonados, con lo cual se puede aprovechar al máximo los recursos disponibles al momento de la construcción de la propuesta actual.
- La primera etapa es trabajar con 18 de las 48 fibras disponibles en el cable, con lo cual existe la posibilidad de crecer en capacidad y cobertura de acuerdo a la necesidad que se presente en la operación con las 30 fibras restantes.
- Los protocolos de transmisión en sistemas de fibra óptica permiten la navegación en el orden de los Tbps, lo cual garantiza que es una inversión a largo plazo porque esta red puede soportar altas velocidades de transmisión. Los equipos seleccionados trabajan en protocolos Giga Ethernet con lo cual fácilmente se alcanzan velocidades del orden mencionado, esto permite contar con una red de fácil escalabilidad y rápidas actualizaciones en su equipamiento.
- A nivel mundial la tendencia es la instalación de redes pasivas, GPON cumple con esta característica, altas velocidades de transmisión, alta confiabilidad del sistema por la inmunidad a agentes electromagnéticos externos, velocidades de carga y descarga simétricas con lo cual el abonado experimenta una rapidez y estabilidad en la navegación.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN

4.1. Desarrollo del diseño de red

Una vez que se conocen todos los elementos seleccionados para el diseño de red necesario para construir la red de fibra óptica en Lumbaqui, en este capítulo se procederán a definir todos los parámetros necesarios a tomar en cuenta para este trabajo así como también los resultados luego de la construcción los que se simularán en el sistema seleccionado, lo cual demuestra que la propuesta presentada permite tener comunicación. En la tabla 4.1. se detalla de manera general los elementos necesarios para la construcción de la red. Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Implementos necesarios

Elemento	Cantidad
Longitud ruta (m)	3100
# Cajas NAP	18
# Splitters 1 x 8	18
# Pigtails	18
# Postes	120
# Termoformados	240
# Etiquetas	240
Herraje A	80
Herraje B	40
Cinta Eriband	1 rollo
ODF x 48 puertos	1
fibra SM 48 H	4 km
Conectores	18
OLT	1
Rack vertical	1
UPS	1

Fuente: Elaborado por el autor

4.1.1. Sistema de soporte para el tendido de cable

El primer paso necesario para el desarrollo de la propuesta es realizar la georreferenciación de sistema de alumbrado y energía eléctrica disponible en el lugar, para lo cual se realizó el recorrido en campo y se utilizó la herramienta de Google Maps en un terminal móvil para realizar el levantamiento respectivo de los 120 postes existentes y se ingresó la información obtenida para poder tener las referencias necesarias en el mapa satelital de Google Earth, tal y como se puede observar en la figura 4.1.

4.2. Implementación del proyecto

4.2.1. Ubicación del nodo

El nodo estará ubicado entre los postes 1 y 2, dado que el ingreso hacia la población lo cual facilita su ubicación para el acceso a mantenimientos, trabajos preventivos, correctivos o eventos programados. Se observa su ubicación en la figura 4.2.

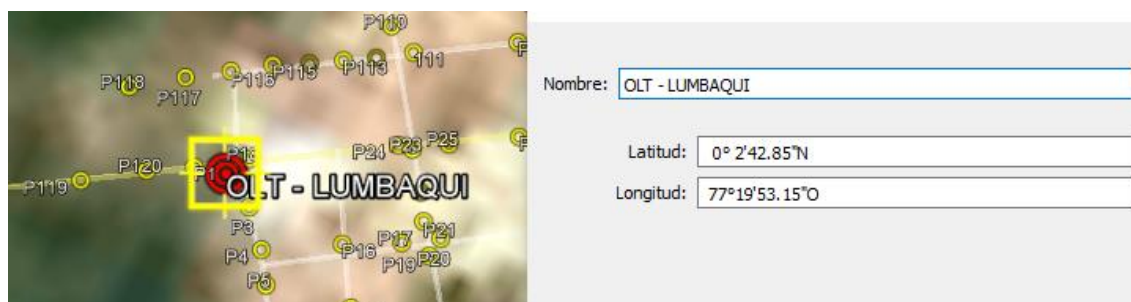


Figura 4.2. Ubicación del nodo

Fuente: Elaborado por el autor

En el nodo se encontrarán equipos activos y pasivos necesarios para el funcionamiento de la red, tales como rack, ODF, conectores, unidad de respaldo de energía eléctrica, ventilación y OLT, por lo cual se va a describir la información correspondiente a cada uno de estos elementos.

4.2.2. ODF

El diseño contempla la instalación de 18 cajas por lo cual se ha seleccionado un ODF de 48 puertos para rack vertical, con las características detalladas en la tabla 4.2.

Tabla 4.24. Características ODF

Características generales	
Tipo de bandeja:	Deslizable auto soportada
Tipo de conector:	SC
Ingreso de cable:	Lateral
Número de puertos:	48
Salida de patch cords:	Lateral
Tipo de conexión a patch cord:	Inclinado
Tipo de cable:	ADSS
Tipo de pulido:	UPC

Fuente: Elaborado por el autor

La reserva de hilos de fibra se debe acoplar de manera segura, respetando las curvaturas presentes en cada casetera del organizador, tal como se puede observar en la figura 4.3



Figura 4.3. Construcción ODF

Fuente: Elaborado por el autor

Para tener un mejor control en el caso de mantenimientos o reparaciones es necesario tener identificados los puertos del ODF por lo cual en la figura 4.4 se presenta un modelo de recomendación.

ODF 48 PUERTOS

1	○	5	○	9	○	13	○	17	○	21	○	25	○	29	○	33	○	37	○	41	○	45	○
2	○	6	○	10	○	14	○	18	○	22	○	26	○	30	○	34	○	38	○	42	○	46	○
3	○	7	○	11	○	15	○	19	○	23	○	27	○	31	○	35	○	39	○	43	○	47	○
4	○	8	○	12	○	16	○	20	○	24	○	28	○	32	○	36	○	40	○	44	○	48	○

Figura 4.4. Identificación puertos ODF

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.3. OLT

Para la propuesta se ha analizado el OLT de SmartAX de la marca Huawei modelo MA5608T, del cual se ha recopilado la información operativa en la Tabla 4.3.

Tabla 4.35. Características OLT

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
MARCA Y MODELO	HUAWEI SmartAX MA5608T
Estándar	IEEE 802.3ah EFM
	IEEE 802.1p <i>Traffic priority</i>
	IEEE 802.1q VLAN
	IEEE 802.1w RSTP, MSTP
	QoS (<i>Quality of Service</i>)
	H-QoS (<i>Hierarchical- Quality of Service</i>)
Relación de distribución/ división	1:64
Distancia de transmisión	Máx. 20 km
Ranuras o <i>Slots</i>	5: 1 FAN, 1 PDU, 2 SCM, 2 LIM
Puertos PON	8
Usuarios por tarjeta LIM (<i>Line Interface Module</i>)	512
Capacidad de usuarios	1024
Puertos <i>uplink</i>	4 GE (<i>Gigabit Ethernet</i>) para uso con módulos SFP
Modo de operación	Dual IPv4/IPv6
Dimensiones x RU (<i>Rack Unit</i>)	442mm (W) x 233,5mm (D) x 88mm x 1RU (H)
CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES	
Longitud de onda	1310 nm <i>Up</i> (voz y datos)
	1490 nm <i>Down</i> (voz y datos)
	1550 nm (video)
Tasa de transmisión	Simétrica: 1,25 Gbps (<i>up/down</i>)
Capacidad de conmutación (<i>Backplane</i>)	720 Gbps
CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS	
transmisión	Láser clase B+
Nivel de potencia de salida:	+1,5 a +5 dBm
Recepción	Sensibilidad Clase B+:
	-13 a -28 dBm
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y DE TEMPERATURA	
Rango de voltaje	100 – 240 VAC, 50 – 60 Hz,
	-48 o -60 VDC
Temperatura ambiente	-40°C ~ +65°C

PROTOCOLOS Y APLICACIONES	
Administración local y remota	SNMPv1/v2/v3
	IGMPv2/v3
	Telnet
	SSH
	CLI
	<i>iManager</i> U2000 (Sistema de Gestión unificada)
	Estático
Enrutamiento	Dinámico: RIP, OSPF, MPLS
Seguridad	No definido
Aplicación	Redes FTTN, FTTB, FTTH, FTTC

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.4. Cable

La red de distribución estará construida por cable de fibra óptica monomodo de tipo ADSS, con una cantidad de 48 hilos, se debe proyectar que a futuro en el caso de una saturación de los puertos disponibles, se puede realizar el aumento de capacidad mediante la instalación de segundos *splitters*, las características del cable se describen en la tabla 4.9.

Tabla 4.46. Características cable

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Cable tipo	ADSS
Tipo de fibra óptica	monomodo
Certificaciones	G652-D
Cantidad de hilos	48 hilos
Coeficiente atenuación	1310 nm - 1625 nm <0,40 dB/km 1530 nm - 1565 nm <0,30 dB/km
Coeficiente dispersión cromática	0,092 ps/(nm ² x km)
Coeficiente PMD	< 0,20 ps/km
Tipo de instalación	Exteriores tendido aéreo o subterráneo
Uso	Redes feeder, troncales, red de acceso

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.5. Herrajes

En la inspección realizada en campo se determinó la cantidad de herrajes necesarios para la sujeción del cable a cada poste, y es importante tomar en cuenta las características y el trayecto del cableado, se necesitan 80 herrajes tipo A, los que permiten seguir trayectos rectos y 40 herrajes tipo B para cruces o cambios de dirección.

4.2.6. Etiquetas

Para el control y reconocimiento de los propietarios de los cables en los tendidos eléctricos en el territorio nacional, la ARCOTEL dispone el uso de etiquetas en cada cable, los que deben detallar la razón social de la empresa propietaria del tendido, teléfonos de contacto, tipo de cable, entre otros. El ente regulador es quien dispone del color que debe llevar la etiqueta, tal como se observa en la figura 4.4. En el inicio y fin de cada extremo proveniente de un soporte, en este caso poste, se debe identificar cada cable de distribución de la red del operador.



Figura 4.4. Etiquetas de cable

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.7. Ubicación cajas de distribución

Para cubrir la necesidad inicial de accesos se ha determinado instalar 18 cajas de distribución, ubicadas de tal manera que brinden acceso a un radio de 200m a la redonda, con esto se logra dar una importante cobertura a todo el poblado del cantón.

Cada caja tendrá dos *splitters* 1x8 que soportan una capacidad de conexión inicial para 16 abonados por caja, con esto se tiene una capacidad total para 288 clientes. Al detectarse cajas en las que los puertos empiecen a saturarse se deberá realizar una nueva ruta para el aumento de recursos de red. La georreferenciación se puede observar en la figura 4.4.

Se realizó una tabla descriptiva en donde se detalla el nombre de cada caja, con sus respectivas coordenadas geográficas, la distancia a la cual se encuentra del nodo y la pérdida teórica que presenta cada una de ellas, la misma que se incluye en la tabla 4.5.



Figura 4.5. Ubicación de cajas de distribución

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.5. Inventario de cajas de distribución

#	CAJA	DISTANCIA ENTRE ODF Y SPLITTER (m)	LATITUD	LONGITUD	PÉRDIDA TEÓRICA
1	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui A(E)/Lumbaqui B(E)-F01-C01A-AMA	137	0° 2'42.97"N	77°19'52.90"O	11,75
2	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui B(E)/Lumbaqui A(E)-F01-C02A-AMA	388	0° 2'39.61"N	77°19'50.29"O	11,84
3	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui A(E)/Lumbaqui B(E)-F01-C03A-VER	500	0° 2'44.12"N	77°19'49.86"O	11,88
4	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui B(E)/Lumbaqui A(E)-F01-C04A-VER	655	0° 2'46.32"N	77°19'47.82"O	11,93
5	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui A(E)/Lumbaqui B(E)-F01-C05A-NAR	864	0° 2'44.41"N	77°19'44.65"O	12,00
6	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui B(E)/Lumbaqui A(E)-F01-C06A-NAR	987	0° 2'46.53"N	77°19'41.23"O	12,05
7	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui A(E)/Lumbaqui B(E)-F01-C07A-CEL	1150	0° 2'49.75"N	77°19'42.74"O	12,10
8	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui B(E)/Lumbaqui A(E)-F01-C08A-CEL	1343	0° 2'50.36"N	77°19'38.63"O	12,17
9	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui A(E)/Lumbaqui B(E)-F01-C09A-CAF	1489	0° 2'54.02"N	77°19'35.21"O	12,22
10	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui B(E)/Lumbaqui A(E)-F01-C10A-CAF	1669	0° 2'58.17"N	77°19'37.93"O	12,28
11	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui A(E)/Lumbaqui B(E)-F01-C11A-NEG	1817	0° 2'54.81"N	77°19'42.52"O	12,34
12	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui B(E)/Lumbaqui A(E)-F01-C12A-NEG	2045	0° 2'53.01"N	77°19'46.11"O	12,42
13	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui A(E)/Lumbaqui B(E)-F01-C13A-AZU	2220	0° 2'52.29"N	77°19'47.86"O	12,48
14	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui B(E)/Lumbaqui A(E)-F01-C14A-AZU	2374	0° 2'48.35"N	77°19'47.86"O	12,53
15	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui A(E)/Lumbaqui B(E)-F01-C15A-GRI	2641	0° 2'50.37"N	77°19'51.25"O	12,62
16	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui B(E)/Lumbaqui A(E)-F01-C16A-GRI	2786	0° 2'48.95"N	77°19'53.54"O	12,68
17	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui A(E)/Lumbaqui B(E)-F01-C17A-VIO	2902	0° 2'45.65"N	77°19'52.22"O	12,72
18	GPZ-Lumbaqui(A)-Lumbaqui B(E)/Lumbaqui A(E)-F01-C18A-VIO	3058	0° 2'43.50"N	77°19'55.49"O	12,77

Fuente: Elaborado por el autor

Como una medida de control se establecerá la siguiente regla para la nomenclatura de las cajas: Nombre del cantón> Nodo de partida> Nodo de llegada> Referencia del cable> Número de la caja> Color del hilo que la alimenta, tal y como se puede observar en la figura 4.6.

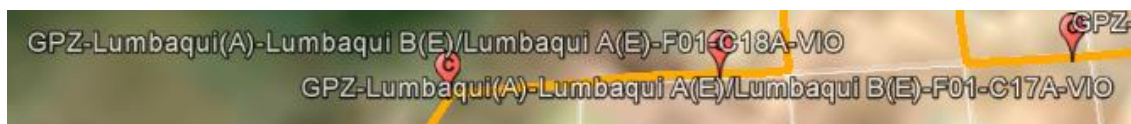


Figura 4.6. Nomenclatura cajas de distribución

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.8. Cobertura

Es importante manejar un archivo que permita visualizar la cobertura que se ha generado en el lugar, por lo cual se puede implementar un archivo de capas sobre los mapas de Google Earth que permite identificar el alcance del recurso disponible, se observa en la figura 4.7. Este archivo es de fácil administración, permite incorporar nuevas zonas de ampliación y puede ser actualizado en línea, por lo cual ofrece versatilidad.



Figura 4.7. Archivo de cobertura Lumbaqueí

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.9. Planta externa

Una vez que se dispone del trazado que seguirá la red, se pueden definir los recursos de planta externa necesarios, para lo cual todo el levantamiento de información en campo permite identificar la cantidad de fibra a utilizarse, el número de cajas de distribución, la cantidad de *splitters*, *pigtails*, termoformados, etiquetas de identificación para el cable, cantidad por tipo de herraje, cinta eriband y conectores.

Con respecto a *pigtails*, *patch cords* y microtubillos, se describe en la tabla 4.6. las características del equipamiento seleccionado.

Tabla4.6. Características pigtails, patch cords, microtubillos.

ESPECIFICACIONES DE ADAPTADOR DE FO EN ODF		
1	Tipo de adaptador	SC
2	Color del adaptador	Azul
3	Material	Compuesto
4	Tipo de pulido del conector	UPC
5	Marca	Corning (Nota 1)
6	Modelo / número de parte	ADP-SC00-CMNFL-CLS (Nota 1)
ESPECIFICACIONES DE PIGTAIL DE FO		
1	Tipo de fibra	Mono modo
2	Tipo de conector	SC Simplex
3	Pérdida de inserción típica	0.15 dB
4	Pérdida de reflexión típica	≤ -58 dB
5	Material de la ferrula	Cerámica
6	Carcasa	Compuesto
7	Diámetro del recubrimiento	900 µm
8	Longitud	1 m
9	Tipo de pulido de conector SC	UPC
10	Estándar de conector SC	"Bellcore GR-326-CORE"
11	Mecanismo de conexión de conector SC	Hale - Empuje
12	Marca	Corning (Nota 1)
13	Modelo / número de parte	0058 - 01 - R4131 - 001 - M (Nota 1)
ESPECIFICACIÓN DE PATCH CORD		
1	Conector de terminaciones	SC - LC
2	Diámetro de la chaqueta	2 mm
3	Color de chaqueta	Amarillo
4	Material	PVC
5	Número de hilos	2 hilos
6	Longitud	2 m

7	Tipo de pulido de conector SC	UPC
8	Estándar de conector SC	"Bellcore GR-326-CORE"
9	Mecanismo de conexión de conector SC	Hale - Empuje
10	Pérdida de inserción típica conector SC	0.15 dB
11	Pérdida de reflexión típica conector SC	≤ -58 dB
12	Tipo de pulido de conector LC	UPC
13	Estándar de conector LC	"Bellcore GR-326-CORE"
14	Mecanismo de conexión de conector LC	Hale - Empuje
15	Pérdida de inserción típica conector LC	0.15 dB
16	Pérdida de reflexión típica conector LC	≤ -58 dB
17	Material de la férrulas	Cerámica
18	Carcasas	Compuesto
19	Marca	Corning (Nota 1)
20	Modelo / número de parte	0472 - 02 - R5120 - 002 - M (Nota 1)
ESPECIFICACIÓN TUBILLOS TERMOCONTRAIBLES PARA PROTECCIÓN DE EMPALME		
1	Longitud	45 mm
2	Diámetro antes de contraer	3 mm
3	Material del miembro central	Metálico
4	Color	Transparente
5	Marca	Corning (Nota 1)
6	Modelo / número de parte	HSP-45S100-1 (Nota 1)

Fuente: Elaborado por el autor

4.3. Pruebas de funcionamiento

Para determinar un rendimiento óptimo de la red construida, es necesario realizar un proceso de certificación con equipos ópticos que miden los parámetros de funcionamiento en temas relacionados a emisión de las fuentes de luz, potencia, tramas y pérdidas relacionadas.

4.3.1. Prueba de luz

Es la prueba más básica que se realiza en una red óptica pasiva, insertando luz visible roja 650nm permite identificar posibles obstrucciones en el cable, en el caso de *patch*

ords o *pigtails* inclusive se puede observar el lugar del evento. Un cable en perfectas condiciones refleja el haz de luz hacia el exterior del extremo no conectado.

Los equipos necesarios para esta prueba son los VFL – Visual File Locator, equipos que cuentan con una fuente de luz con un alcance típico de 5 km pero existen otros de alta gama en los cuales se pueden hacer este tipo de pruebas en distancias de hasta 20 km.

Un parámetro muy válido en esta prueba es que permite verificar una correcta fusión en los hilos con respecto a su orden, por ejemplo al introducir luz en el hilo 1, se debería reflejar en el hilo 1 al final del enlace.

Se puede observar un VFL en la figura 4.8. en la cual existe un daño visiblemente notable en el *patch cord* en pruebas.



Figura 4.8. VFL en prueba

Fuente: Google imágenes, 2019

4.3.2. Medición de potencia

Esta prueba es más completa que la verificación de continuidad en el hilo puesto que determina la cantidad de energía que se pierde. Es imposible realizar una prueba visual porque su fuente de luz trabaja en rangos no visibles para el ojo humano.

Para realizar esta prueba es necesario tener conectado un extremo a una fuente de luz y el otro al equipo conocido como power meter o medidor de potencia. Comúnmente es necesario conectar *patch cords* a los extremos del cable en pruebas, por lo cual se debe tomar en cuenta las pérdidas introducidas por conectores. En la figura 4.9. se aprecia una prueba de medición de potencia.



Figura 4.9. Medición de potencia

Fuente: Google imágenes, 2019

4.3.3. Medición de potencia retro difusa

La medición de potencia retro difusa consiste en analizar las reflexiones y retro dispersiones que se presentan durante la transmisión de luz por medio de un hilo de fibra óptica. El haz de luz al ser transmitido puede irse degradando al escaparse de la guía de onda, en muchos casos debido a la dispersión ocasionada por las impurezas de la fibra.

El equipo que permite realizar esta mediación es conocido como OTDR – Optical time domain reflectometer o reflectómetro óptico en el dominio del tiempo. Lo que hace este equipo es analizar los fenómenos de la retrodispersión de Rayleigh y las reflexiones de Fresnel para caracterizar el hilo de fibra y determinar que ocurre en su interior durante su recorrido.

Al introducir luz al hilo de fibra, permite obtener trazas o curvas en las cuales se presentan todos los eventos presentes en el hilo, también genera una tabla de eventos la misma que permite visualizar de forma exacta todo lo que ocurre en el hilo analizado.

El OTDR es un equipo electrónico que contiene los circuitos y procesadores necesarios para generar la curva y la tabla de eventos tales como:

- Longitud de onda de trabajo
- Eventos existentes (conectores, curvaturas, empalmes)
- Ubicación de los eventos
- Longitud del enlace (km)
- Atenuación promedio del enlace (dB/km)
- Atenuación total del enlace (dB/km)
- Pérdida de inserción y reflexión en cada evento (dB/km)
- Pérdida de reflexión del enlace (dB)

Un parámetro muy importante a ser tomado en cuenta es la denominada zona muerta, que no es más que la región en la que el OTDR no puede determinar los eventos presentes. Este evento se presenta al inicio del enlace debido a una alta reflexión de Fresnel. Para no discriminar eventos en la fibra por este fenómeno, es necesaria la utilización de una bobina de lanzamiento, que consiste en un rollo de fibra de 1000 metros con lo cual podemos obtener resultados en todo el trayecto del cable. En la figura 4.10 se presenta una traza de OTDR con la curva obtenida en la transmisión del haz de luz. Y en la Figura 4.11 una traza real de una lectura de OTDR con sus respectivos eventos.



Figura 4.10. OTDR

Fuente: Google imágenes, 2019

OTDR Trace Report:

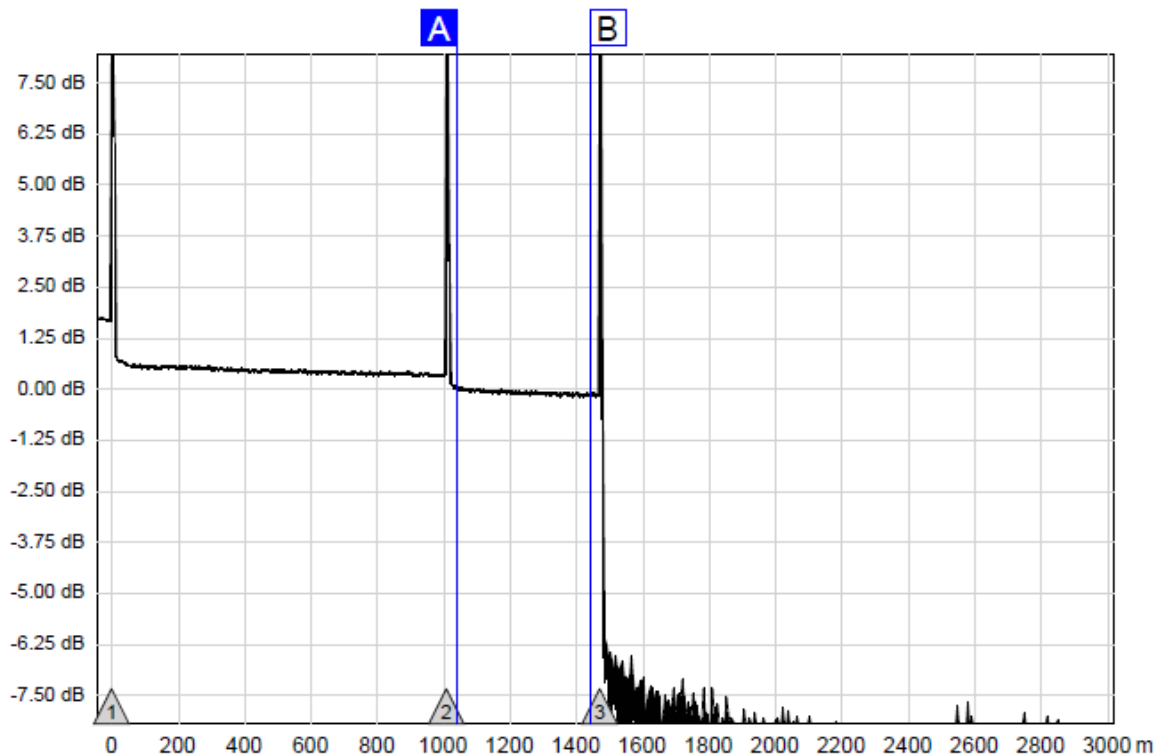
Tuesday, November 08, 2011

Fiber Number:	1	End 1:	JOYASQUI
Wavelength:	1550 nm	End 2:	CHUNCHI
Cable ID:	Cable de FO 24 Hilos	OTDR Located At:	JOYASQUI
Fiber Type:	G.652D	Operator 1:	Klever Jumbo
Company Name:	OPTYTECH	Operator 2:	
Test Date:	11/1/2011 1:11:18 PM		

File name: \...JOYASH-7JK9FI-N24HI\Cable de FO 24 Hilos_001_S15.sor

Trace Comment:

OTDR Model:	OFL280B-100	Backscatter Coef. (BC):	-81.7 dB	Cursor A:	1040.82 m
Port:	SM	Loss Threshold:	0.10 dB	Cursor B:	1442.52 m
Range:	3063.27 m	Reflection Threshold:	-65.00 dB	B-A Distance:	401.7 m
Pulse Width:	30 ns	End Threshold:	3.00 dB	B-A Loss:	0.16 dB
Averages:	4016	Group Index of Refr. (GIR):	1.46800	B-A Loss per km:	0.36 dB/km



Event Table							
Fiber Before Event		Link Events			Fiber After Event		
#	Atten. (dB / km)	Loss (dB)	Source	Type	Location (Meters)	Ref. (dB)	Loss (dB)
1	--	--	Auto	Single Reflective	0.00	-43.74	1.03
2	0.31	0.32	Auto	Single Reflective	1008.74	-39.23	0.36
3	--	--	Auto	Reflective End	1472.01	-45.80	--

* Does not include loss of first or last connector.

Figura 4.11. Ejemplo reporte OTDR

Fuente: Optytech, 2011

4.4. Análisis de resultados

4.4.1. Pérdida teórica del enlace

Para determinar el presupuesto óptico del enlace se realiza una sumatoria de la pérdida que inserta cada uno de los elementos del enlace y por seguridad se incluye un margen de 3 dB como guarda. El presupuesto calculado se puede observar en la tabla 4.5. y tabla 4.7.

Tabla 4.7. Presupuesto óptico

ELEMENTO	ATENUACION (dB)	CANTIDAD	ATENUACION TOTAL POR ELEMENTO (dB)	TOTAL dB
Conectores	0,55	4	2,00	16,93
Splitter 1 x 8	10,5	1	10,50	
Cable FO (km)	0,35 (dB/km)	3,5	1,23	

Fuente: Elaborado por el autor

Desarrollo;

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L + n_f a_f + n_s a_s$$

$$a_t = (3,5km)(0,35dB/km) + (4)(0,55 dB) + (1)(10,5dB) + 3dB$$

$$a_t = 16,93 dB$$

4.4.2. Cálculo de presupuesto de potencia

Para realizar este cálculo se debe obtener la diferencia entre la potencia de transmisión y el umbral de recepción de los receptores ubicados en los extremos del enlace, éste valor se expresa en dB. A continuación la formula a aplicar.

$$P_{op} (dB) = P_{tx}(dBm) - U_r (dBm)$$

$P_{op} (dB)$; Presupuesto óptico de potencia

P_{tx} ; Presupuesto de transmisión

U_r ; Umbral de recepción

Para el caso práctico, se tomará el valor de referencia para umbral de recepción del equipo CPE Huawei Echolife HG8045H, presenta un valor de -27 dBm y el valor de transmisión mínimo del equipo OLT Huawei SmartAX MA5608T de 1.5 dBm.

$$P_{op} (dB) = 1.5 dBm - (-27)dBm$$

$$P_{op} (dB) = 28.5 (dB)$$

$$P_{RX} (dB) = (1.5) dBm + (-16.93)dB$$

$$P_{RX} (dB) = -15.43 (dB)$$

$$M_{dD} (dB) = (-15.43)dBm - (-27)dBm$$

$$M_{dD} (dB) = 11.57 (dB)$$

4.4.3. Pruebas de funcionamiento

El valor agregado en este proyecto es la simulación que se ha desarrollado para demostrar que la propuesta cumple con los estándares y configuraciones que en la realidad permitirían generar conexión entre la última milla y la nube del internet. (Cando, 2015)

4.4.4. Diagrama general de simulación

Para proceder a la creación del entorno de simulación, se parte se un esquema general que representa la red de distribución, luego de lo cual se adapta a la realidad del proyecto con el dimensionamiento definido. Se observa el esquema en la figura 4.12.

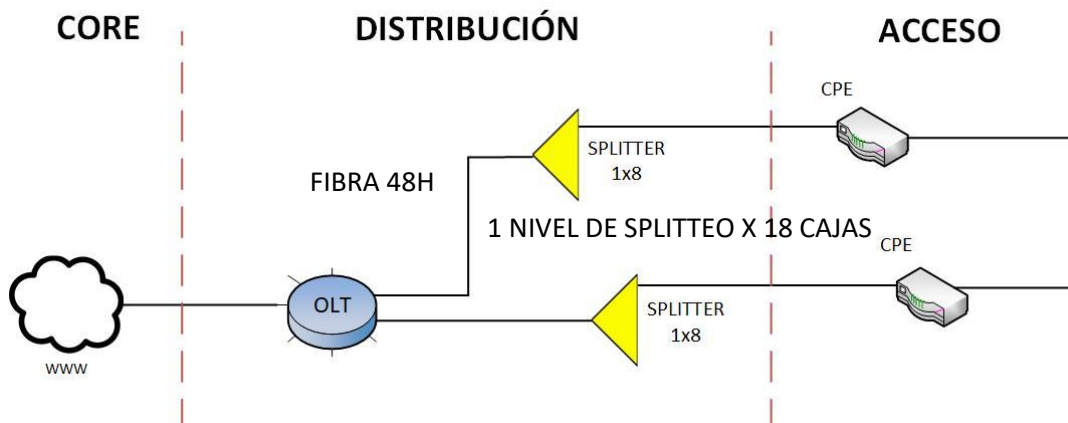


Figura 4.12. Esquema red FTTH

Fuente: Elaborado por el autor

Para proceder a realizar la simulación, el primer paso es construir la red con todos sus componentes y los factores que permiten la generación de señales de transmisión para poder determinar pérdidas, ruido y potencias de transmisión, la figura 4.13. permite observar en conjunto, todos los componentes requeridos para la simulación.

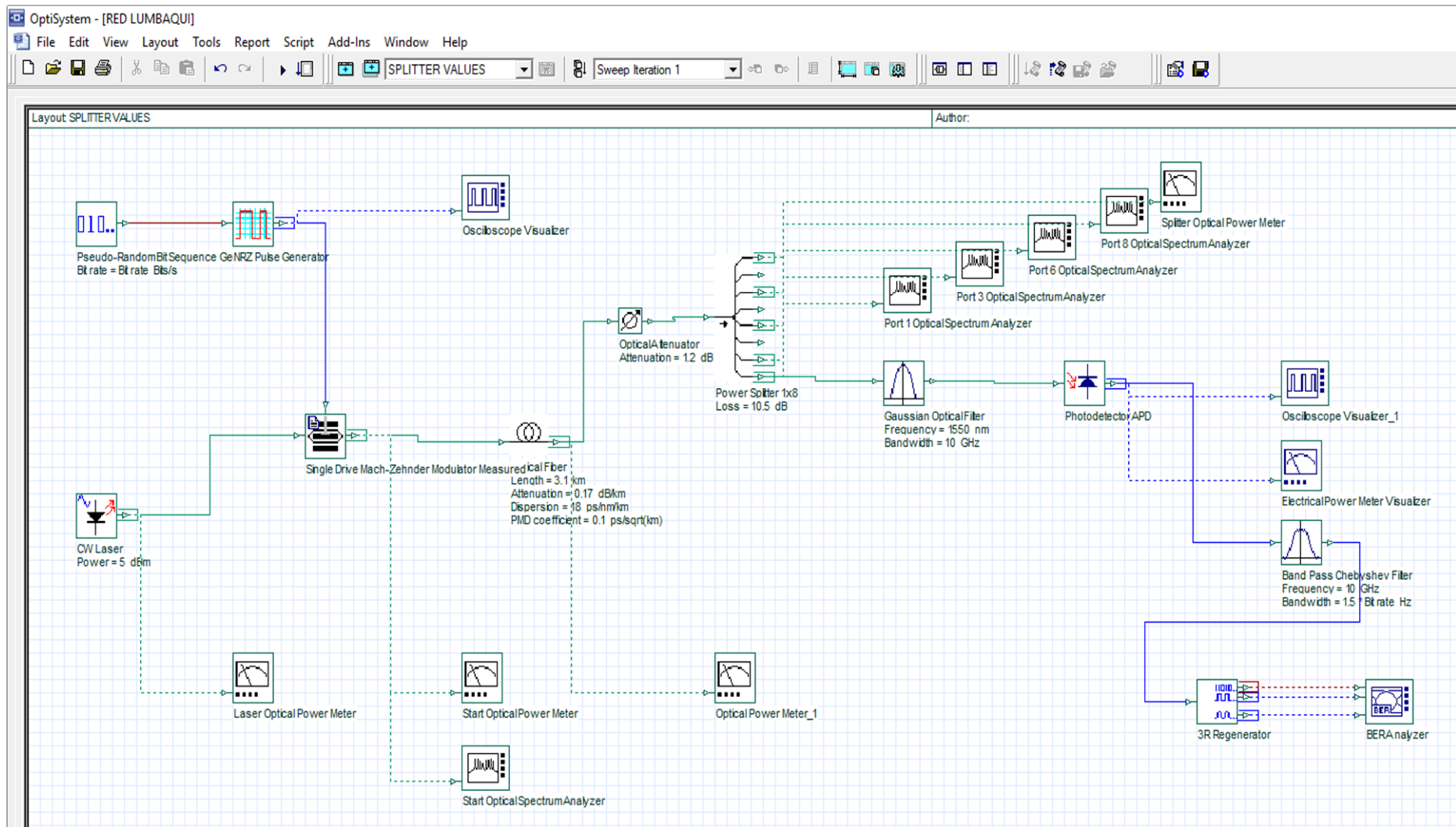


Figura 4.1335. Diagrama general en Optisystem

Fuente: Elaborado por el autor

4.4.5. Propiedades de transmisión

Para generar una señal óptica de transmisión es necesario incorporar una fuente laser, a la misma que se le configura una potencia de 4,974 dBm la cual es una propiedad intrínseca del equipo OLT que se sugiere para esta red. En la figura 4.14 se observa la configuración de la fuente y la lectura obtenida por el power meter conectado inmediatamente a la salida de la señal en donde se puede comprobar que la fuente emite la potencia configurada.

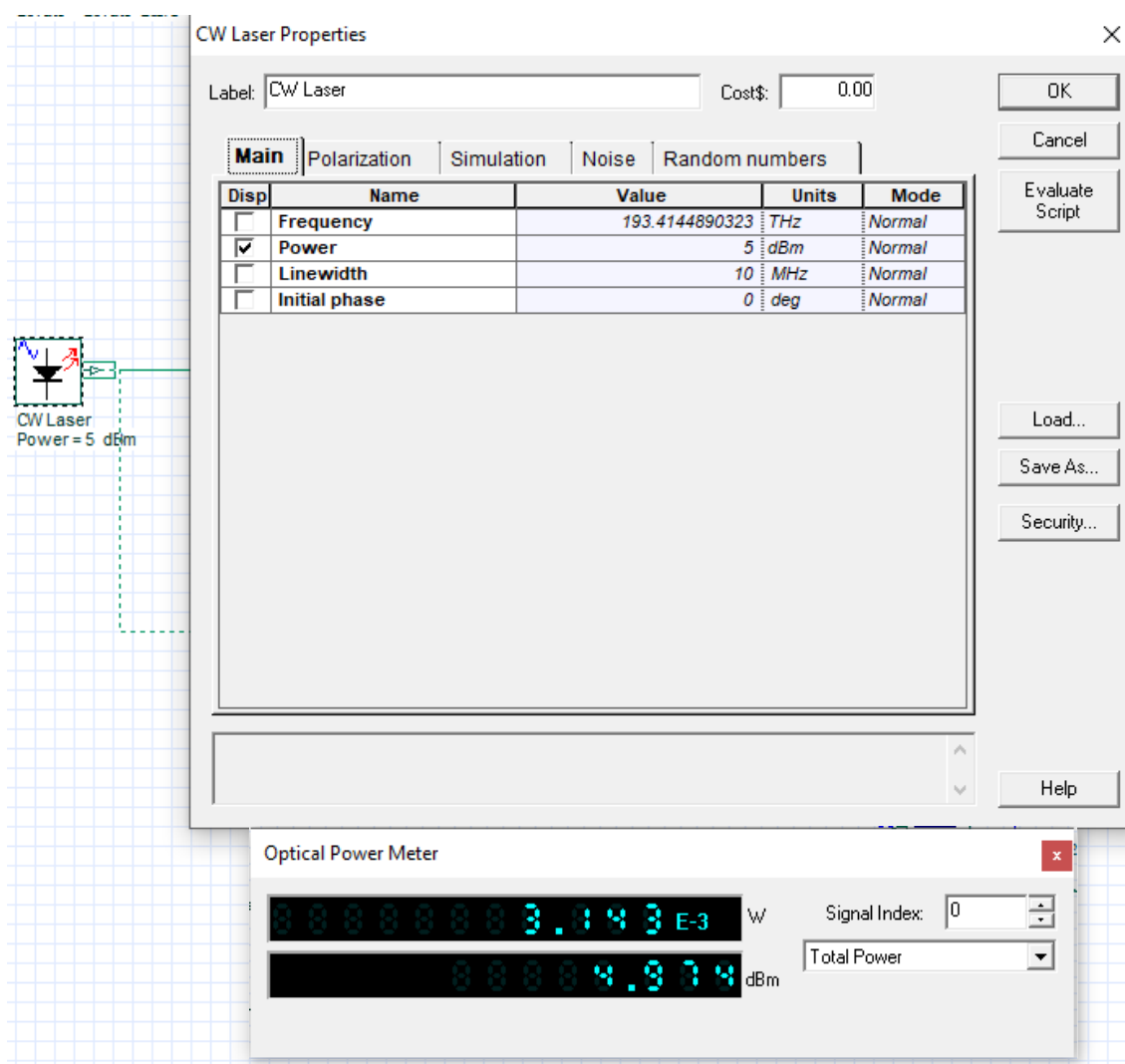


Figura 4.14. Configuración OLT

Fuente: Elaborado por el autor

4.4.6. Propiedades de la señal generada

Para poder tener un escenario lo más cercano a la realidad con generación de tramas de información, se incorpora al diseño elementos de generación NRZ y una secuencia pseudorandómica que emulan el funcionamiento de transmisión en la OLT. En la figura 4.15. se observa mediante la incorporación de un visualizador de espectro, la señal generada de manera automática.

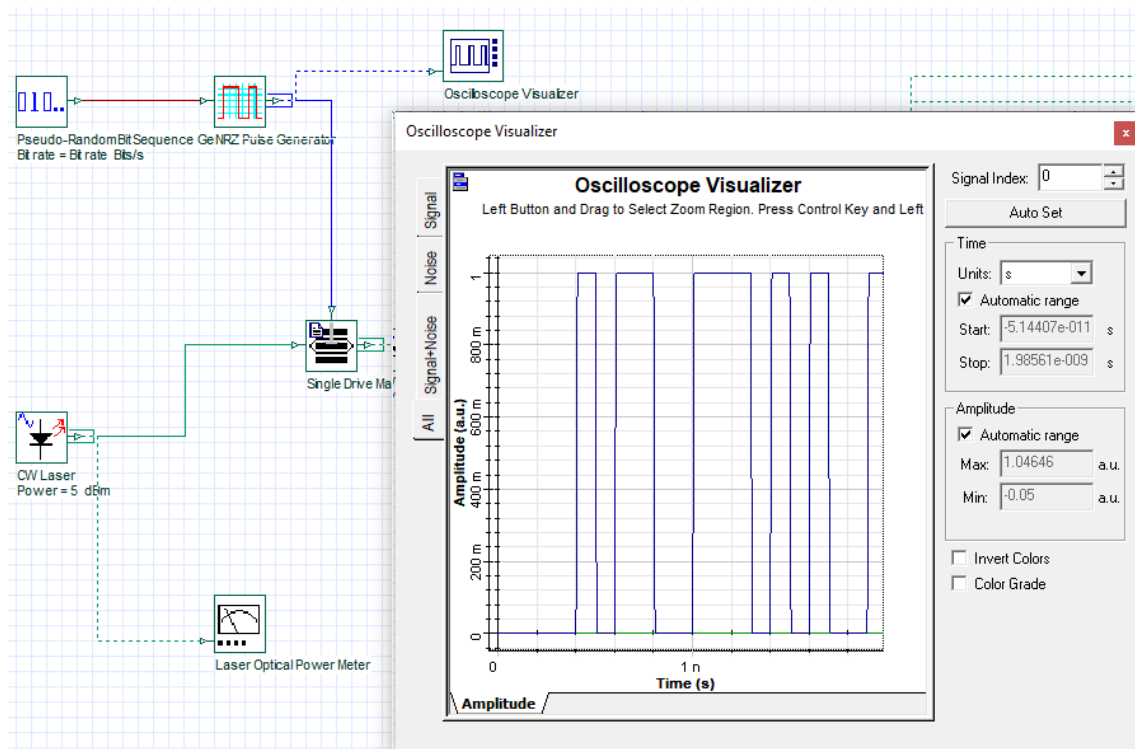


Figura 4.15. Señal generada

Fuente: Elaborado por el autor

Se realiza el análisis de la señal mediante el analizador de espectro conectado a la salida de la misma proveniente de la OLT y los parámetros introducidos, en donde se observa en el Power Meter óptico, que la señal ya se ve afecta y presenta una lectura de 4.974 dBm y también el gráfico de lectura generado, en la figura 4.16.

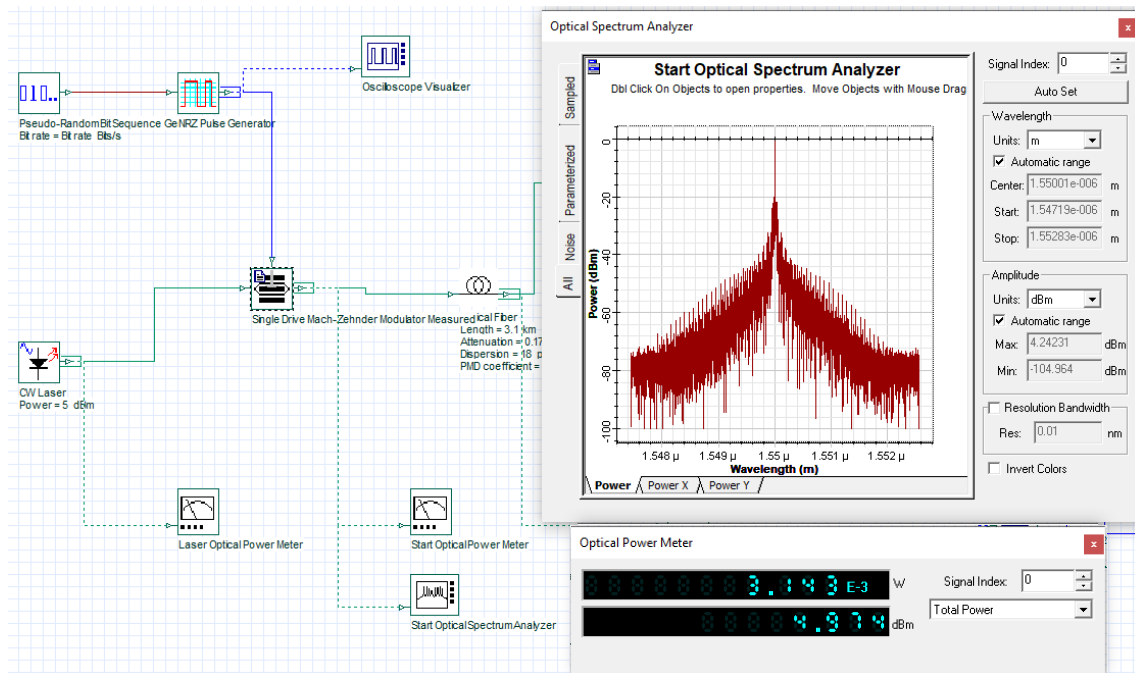


Figura 4.16. Señal generada

Fuente: Elaborado por el autor

4.4.7. Fibra y conectores

Mediante la información suministrada en las hojas técnicas del equipo pasivo, se toma en cuenta cable y conectores, se configura la distancia, factores intrínsecos del cable como valores por polarización, propiedades del cable y otro elemento que permite introducir las pérdidas generadas por fusiones y conectores, con lo cual se simula esta fase de la red al entregar una nueva lectura del power meter con una potencia de 3.247 dBm, como se puede observar en la figura 4.17.

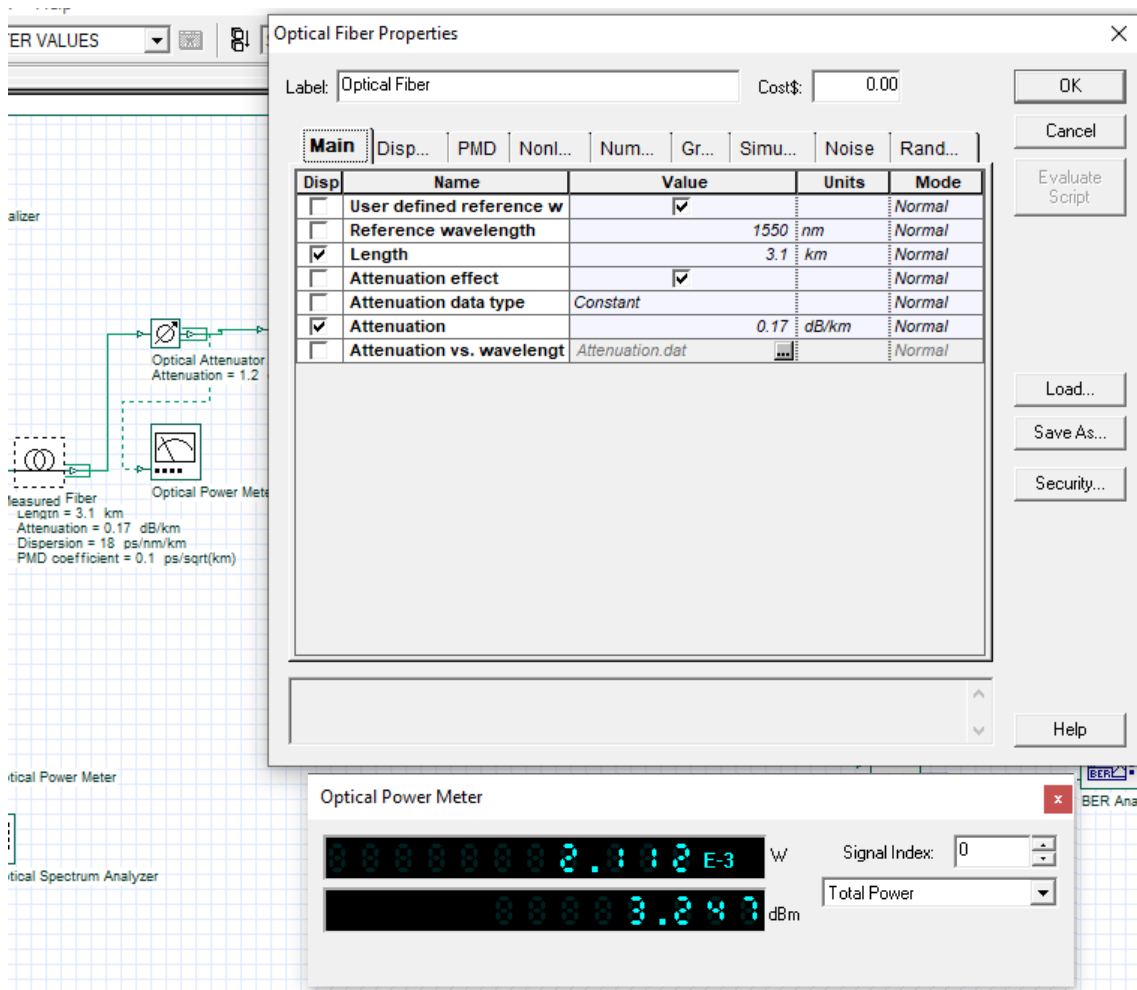


Figura 4.17. Propiedades del cable

Fuente: Elaborado por el autor

4.4.8. Puertos del splitter

El último elemento pasivo de la red es el *splitter*, presenta una atenuación de 10,5 dBm en la transmisión. Se realiza el análisis de espectro en dos de las salidas para verificar que no existan factores que afecten a la señal y también se obtiene la lectura del power meter a la salida de uno de los puertos en el que se tiene un valor de -16.283 dBm, como se puede evidenciar en la figura 4.18.

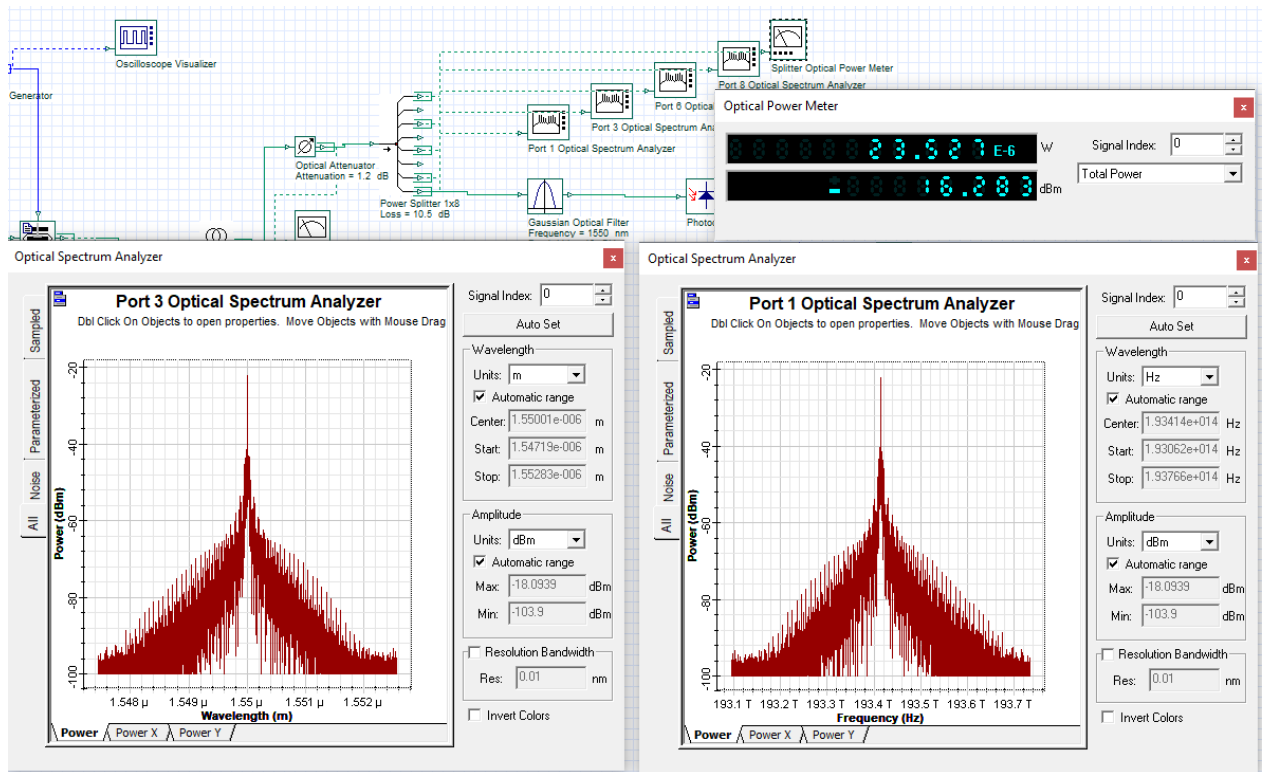


Figura 4.18. Señal luego de splitter

Fuente: Elaborado por el autor

4.4.9. Analizador de BER

Se integra en el diseño el receptor de la señal óptica, y para validar la correcta recepción se incorpora el analizador de BER que permite conocer el comportamiento de la señal y su potencia con el power meter para señal eléctrica con un valor de -47.220 dBm, con lo cual se obtiene el gráfico de la figura 4.19 y también la gráfica del BER mínimo con la figura 4.20 y su límite en la figura 4.21, y el respectivo diagrama de ojo en la figura 4.22.

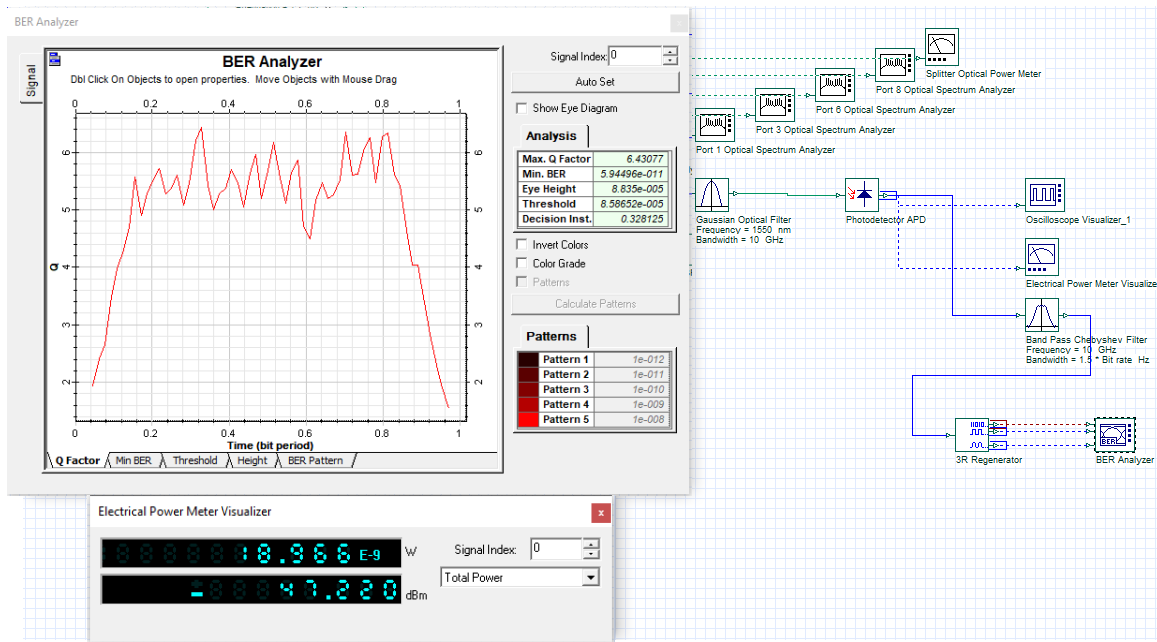


Figura 4.19. Analizador de BER factor Q

Fuente: Elaborado por el autor

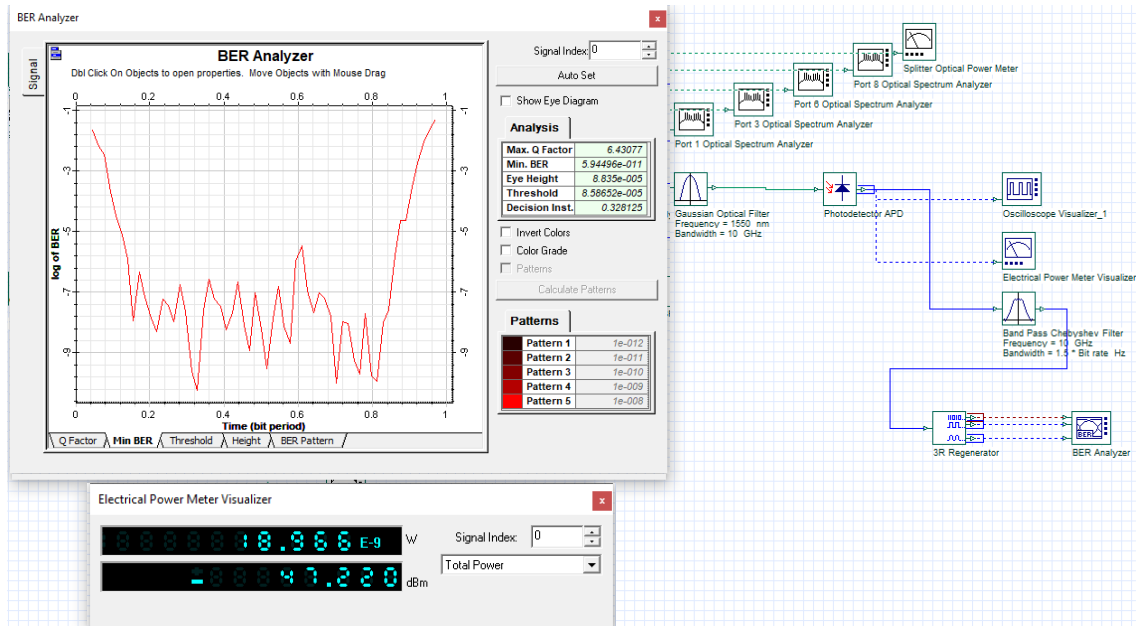


Figura 4.20. Analizador de BER Min BER

Fuente: Elaborado por el autor

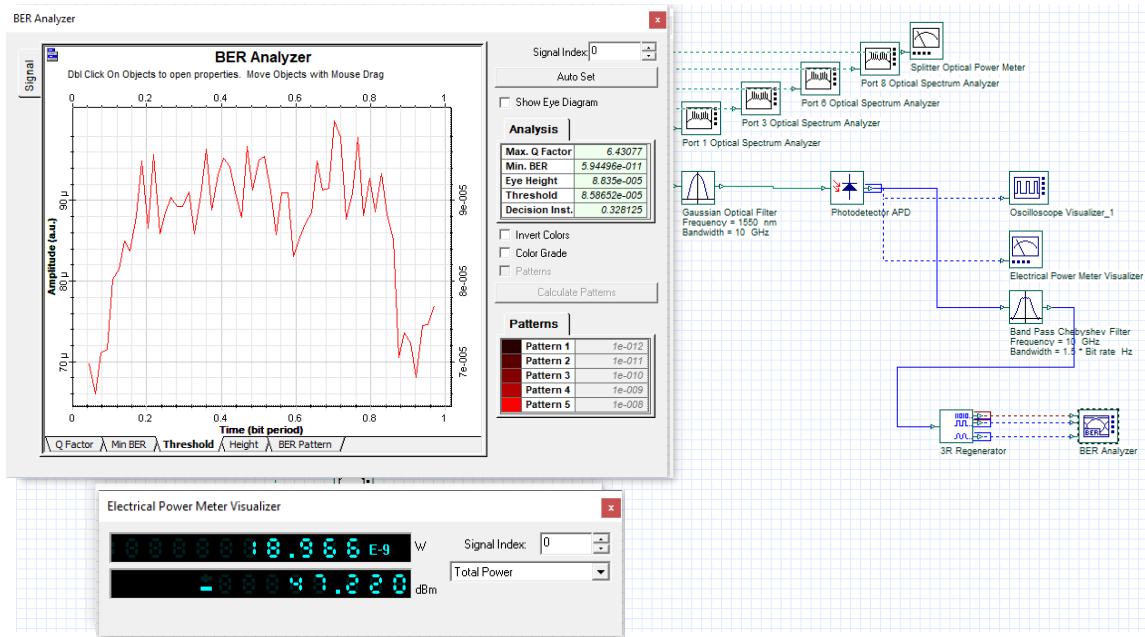


Figura 4.21. Analizador de BER – Límite

Fuente: Elaborado por el autor

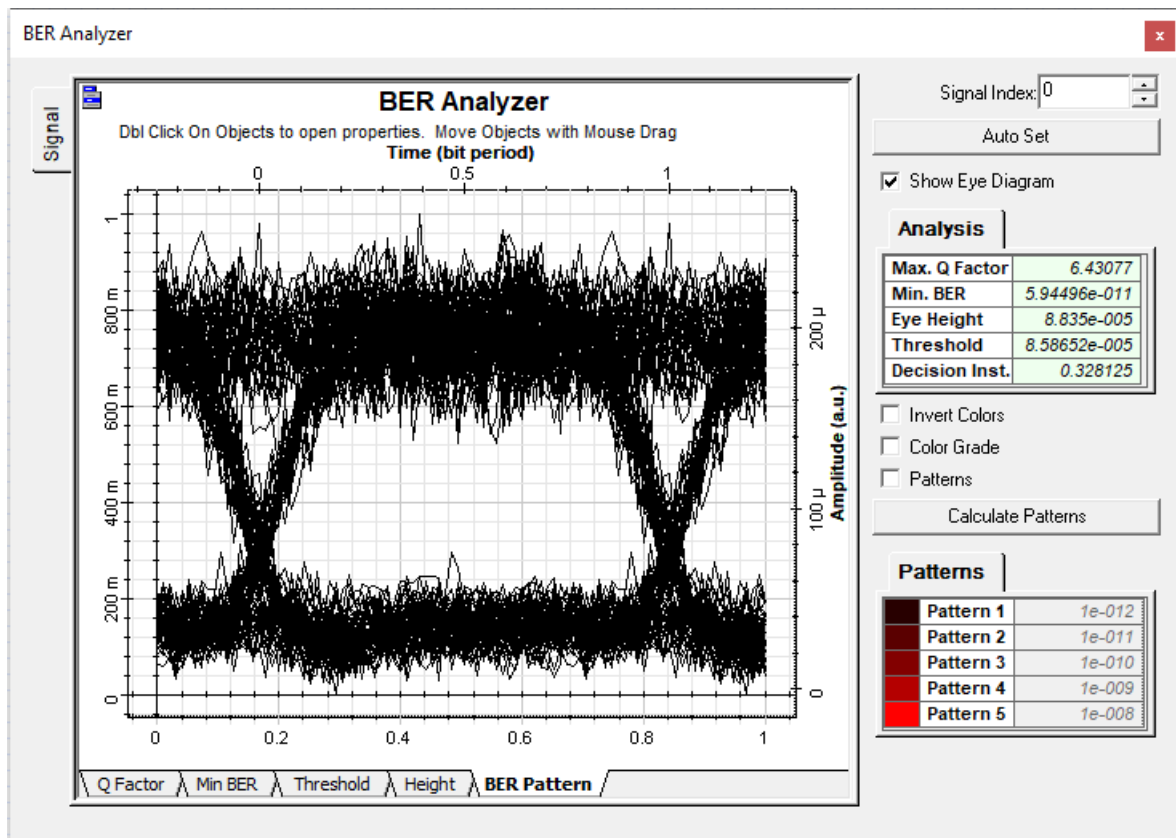


Figura 4.22. Diagrama de ojo

Fuente: Elaborado por el autor

4.4.10. Lecturas mediante osciloscopio

Para entender el comportamiento de la señal se realizan análisis de osciloscopio de señal y ruido, se pueden evidenciar en las figura 4.23 y 4.24. una lectura en la etapa inicial de transmisión de la señal y una al final de la transmisión en el tramo de distribución.

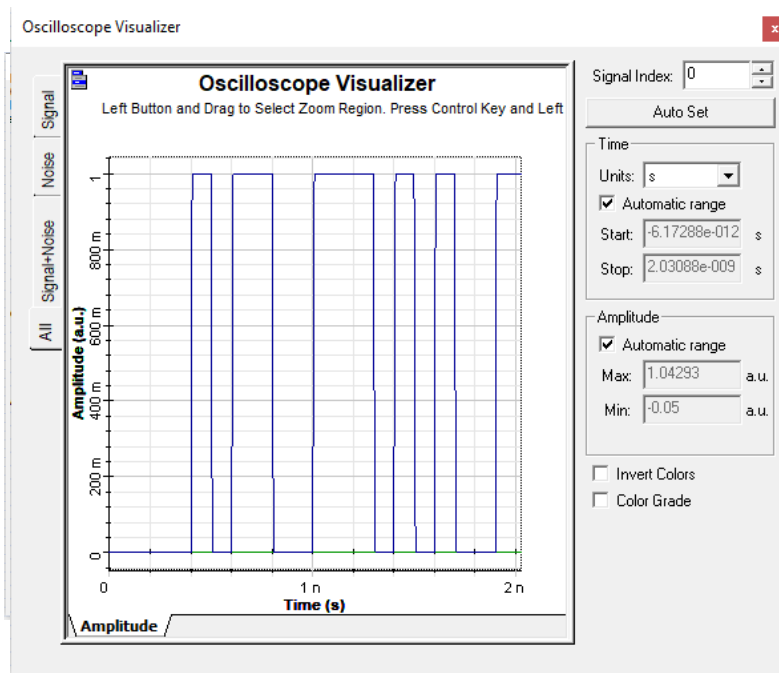


Figura 4.23. Señal recibida

Fuente: Elaborado por el autor

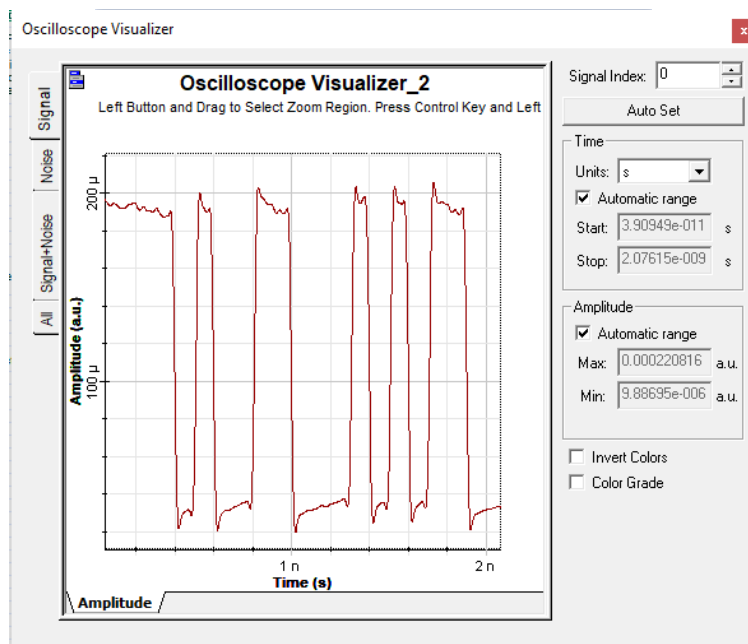


Figura 4.24. Señal recibida

Fuente: Elaborado por el autor

CONCLUSIONES

- Para el cálculo de potencia se trabajó con las distancias más lejanas que es el escenario para el cliente más lejano, ubicado a 3.5 km a partir del nodo de la red, simulando el escenario menos óptimo para establecer comunicación, mediante el cálculo del enlace se determina que las pérdida en el trayecto de este enlace se obtienen 16.93 dB de pérdida, lo cual al hacer el cálculo respectivo de potencia recibida versus el umbral de recepción mínima, se encuentra dentro de los parámetros operativos de la red, de esta manera se garantiza que los puntos de conexión anteriores están dentro de los parámetros óptimos de operación.
- Emplear conectores mecánicos abarata en un porcentaje importante los costos relacionados a la construcción de la red de distribución, puesto que no es necesaria la adquisición de máquinas fusionadoras para el montaje de cables de fibra óptica en equipos activos y pasivos, sin embargo, se debe tomar en cuenta que se insertan más pérdidas en el enlace, pero este valor no representa amenaza, ya que está en el orden de 0.2 dB, se considera un valor bajo para el caso de enlaces cortos (menos de 4 km).
- El uso del sistema de simulación Optisystem permitió tener una idea clara de que los parámetros definidos para la comunicación fueron los correctos y que para el caso de implementación no difiere de la realidad porque realizando una comparación entre los cálculos en papel de -16,93 dBm versus los resultados de medición a los equipos del entorno simulado con un valor de -16,283 dBm, se tiene un margen de confiabilidad del 96%.
- Los analizadores de espectro y equipos medidores de potencia disponibles en el entorno de simulación, permitieron realizar un seguimiento en cada etapa de la transmisión, y de esta manera corroborar las pérdidas insertadas en el enlace por los diferentes elementos presentes. De la misma manera, esto permitió emular el proceso de certificación sugerido en este proyecto

RECOMENDACIONES

- Para los cálculos en presupuestos ópticos, se debe trabajar con los valores más bajos descritos en las hojas técnicas de los fabricantes porque al trabajar con los más altos se asumen escenarios perfectos que se presentan únicamente en laboratorio.
- En el caso de tener un crecimiento diferente al proyectado, es necesario construir una nueva ruta que brinde mayor capacidad de puertos de conexión para los abonados. Este proyecto contempla el uso de fibra de 48 hilos, justamente proyectando crecimiento a mediano plazo.
- Una vez definidas las áreas de cobertura con interés, es importante realizar la comprobación en campo para determinar si existen los medios necesarios para la instalación de cables, cajas, herrajes y tendido de fibras acorde a los prediseños.
- Trabajar con redes de hasta máximo 4 km de longitud total para evitar la realización de empalmes y así introducir pérdidas a los enlaces, las bobinas disponibles en el mercado ofrecen máximo la distancia antes mencionada.
- Actualizar el etiquetado de todos los elementos de la red para trabajar mantener el control e inventario respectivo que permitirán trabajar con mayor eficacia cuando se requiera realizar mantenimientos preventivos o correctivos.
- Se recomienda tomar en cuenta el procedimiento de certificación de la red desde la prueba más básica hasta la obtención de los resultados generados por el analizador de tramas. Esto garantiza una óptima distribución de los accesos y es una prueba importante para el momento de la entrega de la infraestructura.

- En ambientes con altas temperaturas y presencia de humedad, el uso de equipos electrónicos y comunicaciones mediante pulsos eléctricos requiere de medidas adicionales como instalación de aire acondicionado para un ambiente de trabajo óptimo, al trabajar con señales ópticas, la transmisión es más estable y se garantiza el acceso de calidad a la red, sin embargo se recomienda establecer controles paulatinos para determinar que no exista un sobrecalentamiento en los equipos activos, que genere un funcionamiento deficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCOTEL. (2017). *Norma técnica para el despliegue y tendido de redes físicas soterradas*. Quito: Arcotel.
- ARCOTEL. (15 de Enero de 2019). Boletín Estadístico Cierre 2018. Quito, Pichincha, Ecuador: Arcotel Digital.
- Cabezas, A. (01 de Febrero de 2014). *Sistemas de Comunicaciones ópticas*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: NA.
- Cando, D. (2015). *Análisis y simulación de la capacidad de escalabilidad de una red nacional dwdm para que opere a 128 lambdas*. QUITO: NA.
- CNT, C. N. (2014). *Historia de las Telecomunicaciones en el Ecuador*. Quito: PPL.
- EduTEKA. (15 de Enero de 2007). *EduTEKA*. Recuperado el 25 de Abril de 2019, de EduTEKA: <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/GoogleEarth>
- El Comercio*. (13 de Octubre de 2016). Recuperado el 16 de 2 de 2019, de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/codigoingenios-leyes-internet-autores-universidades.html>
- fibra óptica Ciencia y Tecnología*. (20 de Mayo de 2009). Recuperado el 5 de Febrero de 2019, de La fibra óptica Perú: <http://lafibraoptica Peru.com/la-dispersion-cromatica-en-la-fibra-optica/>
- Hewitt, P. (2007). *Física Conceptual*. Mexico: Pearson.
- John M, S. (2009). *Optical Fiber Communications Principles and Practice*. Harlow: Pearson.
- Onsicom*. (20 de Octubre de 2015). Recuperado el 25 de Mayo de 2019, de Onsicom: <https://www.onsicom.es/breve-recorrido-historico-de-la-fibra-optica>
- Optiwave. (01 de Julio de 2017). *OptiSystem Photonic software*. Recuperado el 5 de Mayo de 2019, de OptiSystem Photonic software: <https://optiwave.com/optisystem-overview/>
- Redacciones, V. (13 de Octubre de 2016). El Código Ingenios eliminó dos leyes y reformó 11. *El Comercio*, págs. <https://www.elcomercio.com/actualidad/codigoingenios-leyes-internet-autores-universidades.html>.
- Stallings, W. (2002). *Comunicaciones y Redes de Computadores*. Mexico: Pearson.

Telemática, Á. d. (10 de 12 de 2017). *Área de Ingeniería Telemática Universidad de Navarra*. Recuperado el 20 de Abril de 2019, de Área de Ingeniería Telemática Universidad de Navarra: https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba11_12/slides/13-WANSPDHSDH.pdf

The Fiber Optic Association, Inc. (10 de 1 de 2014). Recuperado el 5 de Marzo de 2019, de The Fiber Optic Association, Inc.: https://www.thefoa.org/ESP/fibra_optica.htm

Tomasi, W. (2003). *Sistema de Comunicaciones Electrónicas*. Phoenix, Arizona: Prentice - Hall.

Zaldívar, I. (01 de Junio de 2015). *Saberes y Ciencias*. Recuperado el 20 de Abri de 2019, de Saberes y Ciencias: <http://saberesyciencias.com.mx/2015/06/01/luz-y-fibra-optica-en-un-sistema-de-comunicacion-tendencias-actuales/>

ANEXOS

Anexo 1 Recomendaciones ITU-T G.652

Anexo 2 proyecto INGENIOS

Anexo 3 Hoja técnica rack

Anexo 4 Hoja técnica ODF

Anexo 5 Características patch cords

Anexo 6 Características pig tails

Anexo 7 Características splitter

Anexo 8 Características caja NAP

Anexo 9 Cronograma de actividades

ANEXO 1

Table 1 – ITU-T G.652.B attributes

Fibre attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Mode field diameter	Wavelength	1310	nm
	Range of nominal values	8.6-9.5	μm
	Tolerance	± 0.6	μm
Cladding diameter	Nominal	125.0	μm
	Tolerance	± 1	μm
Core concentricity error	Maximum	0.6	μm
Cladding non-circularity	Maximum	1.0	%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1260	nm
Macrobending loss	Radius	30	mm
	Number of turns	100	
	Maximum at 1625 nm	0.1	dB
Proof stress	Minimum	0.69	GPa
Chromatic dispersion parameter	$\lambda_{0\text{min}}$	1300	nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324	nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092	ps/(nm ² × km)
Cable attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Attenuation coefficient (Note 1)	Maximum at 1310 nm	0.4	dB/km
	Maximum at 1550 nm	0.35	dB/km
	Maximum at 1625 nm	0.4	dB/km
PMD coefficient (Note 2, 3)	M	20	cables
	Q	0.01	%
	Maximum PMD _Q	0.20	ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>NOTE 1 – The attenuation coefficient values listed in this table should not be applied to short cables such as jumper cables, indoor cables and drop cables. For example, [b-IEC 60794-2-11] specifies the attenuation coefficient of indoor cable as 1.0 dB/km or less at both 1310 and 1550 nm. Attenuation coefficient at a wavelength longer than 1625 nm (for monitoring purpose) is not well known. In general, the attenuation increases as the wavelength increases, and it may show steep wavelength dependence due to both macro- and microbending losses.</p> <p>NOTE 2 – According to clause 7.2, a maximum PMD_Q value on uncabled fibre is specified in order to support the primary requirement on cable PMD_Q.</p> <p>NOTE 3 – Optical fibre cables with higher PMD coefficient can be used for systems with less stringent PMD requirements.</p>			

Table 2 – ITU-T G.652.D attributes

Fibre attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Mode field diameter	Wavelength	1310	nm
	Range of nominal values	8.6-9.2	µm
	Tolerance	± 0.4	µm
Cladding diameter	Nominal	125.0	µm
	Tolerance	± 0.7	µm
Core concentricity error	Maximum	0.6	µm
Cladding noncircularity	Maximum	1.0	%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1260	nm
Macrobending loss	Radius	30	mm
	Number of turns	100	
	Maximum at 1625 nm	0.1	dB
Proof stress	Minimum	0.69	GPa
Chromatic dispersion parameter	λ_{0min}	1300	nm
	λ_{0max}	1324	nm
3-term Sellmeier fitting (1260 nm to 1460 nm)	S_{0min}	0.073	ps/(nm ² × km)
	S_{0max}	0.092	ps/(nm ² × km)
Linear fitting (1460 nm to 1625 nm)	Minimum at 1550 nm	13.3	ps/(nm × km)
	Maximum at 1550 nm	18.6	ps/(nm × km)
	Minimum at 1625 nm	17.2	ps/(nm × km)
	Maximum at 1625 nm	23.7	ps/(nm × km)
Cable attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Attenuation coefficient (Note 1)	Maximum from 1310 nm to 1625 nm (Note 2)	0.40	dB/km
	Maximum at 1383 nm ±3 nm after hydrogen ageing (Note 3)	0.40	dB/km
	Maximum at 1530-1565 nm	0.30	dB/km
PMD coefficient (Note 4,5)	M	20	cables
	Q	0.01	%
	Maximum PMD _Q	0.20	ps/√km
<p>NOTE 1 – The attenuation coefficient values listed in this table should not be applied to short cables such as jumper cables, indoor cables and drop cables. For example, [b-IEC 60794-2-11] specifies the attenuation coefficient of indoor cable as 1.0 dB/km or less at both 1310 and 1550 nm. Attenuation coefficient at a wavelength longer than 1625 nm (for monitoring purpose) is not well known. In general, the attenuation increases as the wavelength increases, and it may show steep wavelength dependence due to both macro- and microbending losses.</p> <p>NOTE 2 – This wavelength region can be extended to 1260 nm by adding 0.07 dB/km induced Rayleigh scattering loss to the attenuation value at 1310 nm.</p>			

ANEXO 2

Código INGENIOS

#CambiaráLaHistoria

LOS 11 PRINCIPIOS



ingenios
CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL
DE LOS CONOCIMIENTOS,
LA CREATIVIDAD Y LA INNOVACIÓN

1 DERECHO A COMPARTIR CONOCIMIENTO

Las actuales leyes de propiedad intelectual han limitado el acceso universal a los conocimientos. La nueva legislación, más justa y equilibrada, permitirá la protección de las creaciones y el intercambio de ideas.

2 INCENTIVOS ECONÓMICOS PARA FAVORECER LA INNOVACIÓN

Una ley garantizará el apoyo económico para financiar proyectos innovadores.

3 MEDICAMENTOS MÁS BARATOS

Una ley romperá con las prácticas injustas de las multinacionales para poder garantizar precios más asequibles para las medicinas.

4 IMPULSO A LOS INVENTOS NACIONALES

El Estado apostará por las patentes nacionales para generar cada vez más tecnología ecuatoriana.

5 INTERNET COMO SERVICIO BÁSICO

Internet se considerará un servicio básico como el agua, la luz y el alcantarillado para que pueda garantizarse el acceso para todos y todas.

6 APOYO Y REVALORIZACIÓN DEL INVESTIGADOR

El investigador ganará reconocimiento y será retribuido de una manera justa, conforme a su producción científica.

7 LARGA VIDA A LA TECNOLOGÍA

Una ley evitará que existan prácticas comerciales que limiten la vida útil de los aparatos electrónicos como las impresoras, las televisiones o las computadoras.

8 IMPULSO AL SOFTWARE LIBRE

La ciudadanía tendrá la posibilidad de utilizar Software libre, financiado con fondos públicos, para que se respete la libertad del usuario y el beneficio social de la comunidad.

9 COMBATIR LA BIOPIRATERÍA PARA EVITAR QUE SE ROBEN NUESTRA RIQUEZA

Ecuador salvaguardará su diversidad biológica, impulsando la investigación y garantizando su conservación y aprovechamiento en beneficio de todos y todas.

10 LA MINERÍA INVERSA TAMBIÉN ES RENTABLE

Programas de reciclaje permitirán aprovechar los desechos electrónicos de los celulares y otros aparatos electrónicos para obtener minerales valiosos y crear nuevos productos.

11 PUEBLOS Y NACIONALIDADES TENDRÁN DERECHO SOBRE SU CONOCIMIENTO

El sabor tradicional también es fuente de riqueza para la comunidad científica y, por lo tanto, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a decidir sobre su conocimiento.

Headend & Electronics

MOR Series 2 Post Equipment Racks

- Open frame design allows easy access to equipment and cabling
- 3 Standard heights: 36", 71" and 84" to suit any space requirement
- Standard 19" BA width provides compatibility with standard size rack mountable equipment
- Tapped rail hole pattern conforms to EIA RS310C spacing standard
- Heavy-duty steel uprights, channels, bases, and top angles
- Free-standing base can be bolted down for extra stability in seismic activity zones
- Scratch-resistant baked-on black paint finish provides for years of durability
- 100 mounting screws included

Specifications

	Rack Units	Height	Weight
MOR-36	20	37.75"	26.8 lbs.
MOR-71	40	73.0"	40.0 lbs.
MOR-84	47	85.75"	47.0 lbs.

MOR-Series Base 20"(L) x 20"(D) x 1.0"(H)

Ordering Information

- MOR-36** Equipment Rack 36"(100 Mounting Screws Included)
- MOR-71** Equipment Rack 71"(100 Mounting Screws Included)
- MOR-84** Equipment Rack 84"(100 Mounting Screws Included)



MOR-*-4-Kit Series 4 Post Equipment Rack Adaptor Kits

- 4 Post kit provides the highest overall rack stability for assembled racks
- Additional rear posts provide easy mounting of power strips and other accessories
- 4 Post enables convenient wiring options for the most professional look and functionality
- Heavy-duty steel construction
- Scratch-resistant baked-on black paint finish provides for years of durability
- Assembly hardware included

Specifications

	Height	Dimensions	Weight
MOR-36-4-Kit	36.75"	38.25" (L) x 3.5" (D) x 1.75" (H)	9 lbs.
MOR-71-4-Kit	71.75"	38.25" (L) x 3.5" (D) x 1.75" (H)	20 lbs.
MOR-84-4-Kit	84.25"	38.25" (L) x 3.5" (D) x 1.75" (H)	22 lbs.

Ordering Information

- MOR-36-4-Kit** 4 Post Adaptor Kit for MOR-36 Equipment Rack
- MOR-71-4-Kit** 4 Post Adaptor Kit for MOR-71 Equipment Rack
- MOR-84-4-Kit** 4 Post Adaptor Kit for MOR-84 Equipment Rack



Specifications Subject to Change Without Notice. © Copyright 2011 Pico Digital, Inc. Rev. 02/11

ANEXO 4

Rack Mount Patch Panel

ODU-L10

Overview

Rack Mount Patch Panel ODU-L10 is used to terminate the providers' side of an optical fiber cable. It is a steel unit with provision to splice up to external optical fibers to pigtails. The generic patch & splicing shelf ODU-L10 is the mechanical assembly for the fiber management system that provides the function of cable splicing and patch cord patching and connecting in a rack environment

Features

- Top quality steel with cover by nonflammable electrostatic painted ensures a strong body, resistance to corrosive influences and pleasing appearance
- Easy Installations: 19" ODF rack mount case with all needed accessories for mounting. 19" ears (rack mount kits) can be installed in the front or rear of the case, in order to have a flexible solution based on customer requirement.
- Removable trays for easy upgrade (each tray can hold 12 adapters SC/ FC and double LC)
- Multiple configurations combining patching and splicing
- External cable can be entered through two lateral (left and right) access – total front access for users
- Four types of patch panels can be selected:
 - 24 ports (2 trays)
 - 48 ports (4 trays)
 - 72 ports (6 trays)
 - 96 ports (8 trays)
- The ODF can be loaded or not with adapters, pigtails, and protective splice/ heat shrink tubes(40mm or 50mm).
- Tray have two different areas, one for splicing and the other for patching
- All fiber management accessories ensures a minimum curvature radius of 30mm
- Front door can be selected push button or key lock; allow easy access to the splicing and distribution trays.
- The ODF has an indelible label at the right corner of the front door.
- Splice and distribution tray allows entry and organization of patch cords up to 0.9mm in diameter.
- Left and right sides cable entrance
- 12 port splice tray, removable and stackable patch cords and pigtails.
Pigtails can be provided depending on customization: connector, cable type (0.9mm) with Hytel, length (m or ft), and UPC, APC polishing.
- ITU-T G.651, G.652 or G.655 compliant
- ISO9001 compliant



ANEXO 5

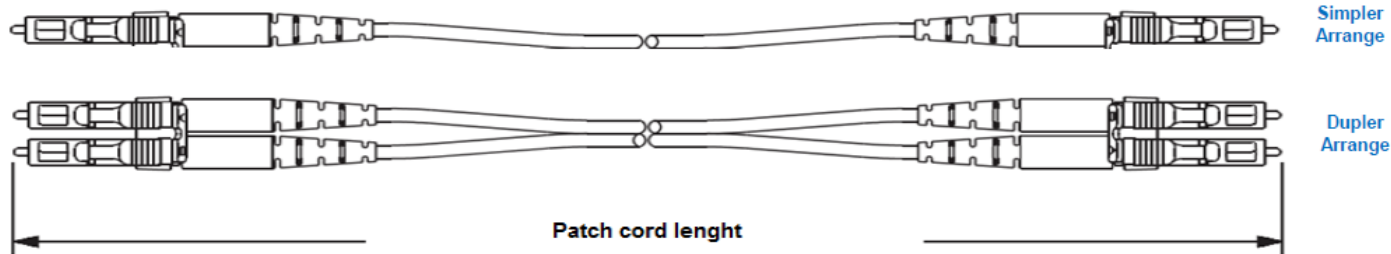


Optical Fiber Patchcords

www.jfopt.com

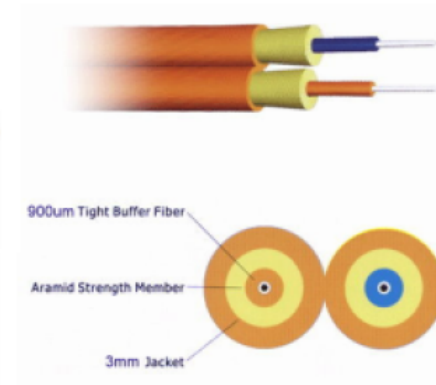
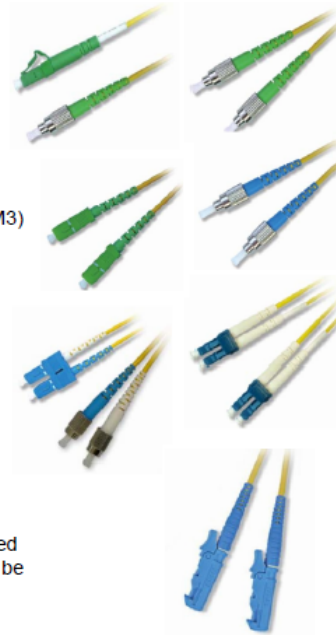
Fiber optic patch cords include duplex FC, E2000, LC, SC, ST and duplex MT-RJ connectors on both ends. Patch cords meet requirements of TIA/EIA-568-C.3-1.

The fiber connectors are FOCIS compliant or compatible and meet the requirements of TIA/EIA-455-21A.



Features

- Zipcord (straight-thru) type
- Standard:** Telcordia GR-326-CORE
- PC, UPC or APC polishing
- Single mode fiber:** 1310nm and 1550nm for G.652D, 1550nm and 1625nm for G.655C
- Standard housing, ceramic ferrule
- Cable diameter: 2.0x4.1(mm) or 2.8x5.7 (mm) or customized
- Cladding diameter: 125µm, Coating diameter: 250µm
- Fiber type: 9/125 µm (OS1), or 62.5/125µm (OM1), or 50/125µm (OM2, OM3)
- Insertion loss: SM Less than 0.2dB, MM Less than 0.3dB
- Return loss: UPC SM larger than 55dB
PC SM larger than 50dB
APC SM larger than 60 dB (8 ")
PC MM larger than 30 dB
- Repeatability: Less than 0.2 dB
- Changeability: Less than 0.1 dB
- Operating temperature range: -40°C ~ 80°C
- Storage temperature range: -40°C ~ 80°C
- Tensile strength of the connector: 10N
- Durability: 1000 mates
- Min. bending radius: 20mm
- Protection of connectors: Each connector is provided with a cover
- Color of the jacket: SM yellow, OM1, OM2 orange, OM3 aqua, or customized
- Material of the jacket: PVC or LSZH or customized, Label and packing can be customized
- Length & jackets text can be customized



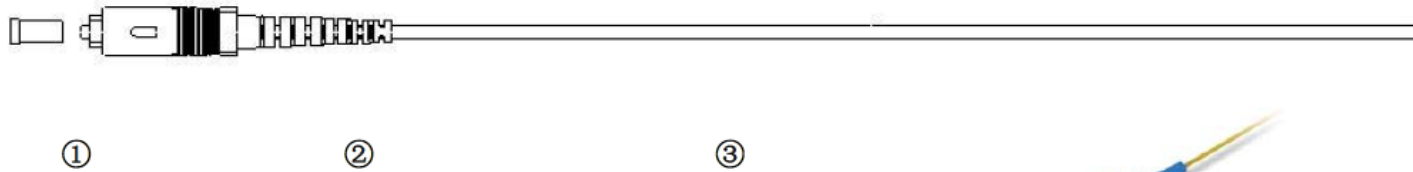
No.	Description	Qty
①	T cap	4
②	Clip	1
③	Boot	4
④	Fiber cable	1

ANEXO 6



www.jfopt.com

Fiber Optical Pigtail, SC, Simplex



Features:

- *Standard: Telcordia GR-326-CORE
- *UPC or APC polishing
- * Single mode fiber: 1310nm and 1550nm for G.652D, 1550nm and 1625nm for G.655C
- *Standard housing: ceramic ferrule
- *Cable diameter: 3.0mm or 2.0mm or 0.9mm or customized
- * Cladding diameter: 125 μ m, Coating diameter: 250 μ m
- * Fiber type: 9/125 μ m (OS1), or 62.5/125 μ m (OM1), or 50/125 μ m (OM2, OM3)
- *Insertion loss: SM Less than 0.25 dB
- *Return loss:
 - UPC SM larger than 50dB
 - APC SM larger than 60dB
- *Repeatability: Less than 0.2 dB
- *Changeability: Less than 0.1 dB
- *Operating temperature range: -20°C ~ 70°C
- *Storage temperature range: -40°C ~80°C
- *Tensile strength of the connector: 10N
- *Durability: 1000 mates
- *Min. bending radius: 20mm
- *Color of the jacket: SM yellow or white, OM1, OM2 orange, OM3 aqua, or customized
- *Material of the jacket: PVC or LSZH or customized, Label and packing can be customized

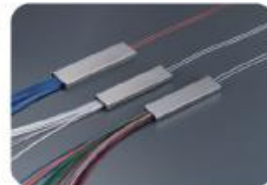
Item	Description	Qty
①	T cap	1
②	Boot	1
③	Fiber cable	1



产品图片 Photos of PLC Splitter



裸纤式光分路器
Basic Type PLC Splitter



微型封装光分路器
SFF Type PLC Splitter



微型封装光分路器+加连接器
SFF Type PLC Splitter with Connectors



分支器型光分路器
900um Fan-out Type PLC Splitter



1x32模块式光分路器
1x32 Cassette Type PLC Splitter Module



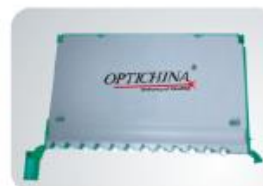
2x64模块式光分路器
2x64 Cassette Type PLC Splitter Module



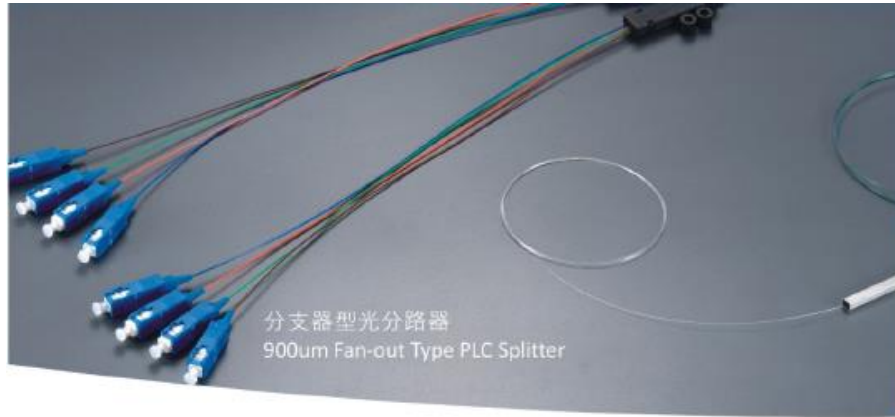
插片式封装光分路器
Blade package Type PLC Splitter Module



机架式光分路器
Rack Type PLC Splitter Module

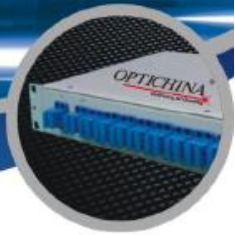


托盘式光分路器模组
Tray assembly type PLC splitter Module



分支器型光分路器
900um Fan-out Type PLC Splitter

PLC光分路器 PLC Splitter



产品参数规格 Specification:

参数(Parameter)	单位(Unit)	1X2	1X4	1X8	1X8	1X12	1X16	1X32	1X64
高规格 (Premium Grade)									
插入损耗在常温 (Insertion Loss at 23°C)	典型值 (Typ)	≤3.5	≤6.0	≤3.0	≤3.0	≤3.3	≤3.2	≤3.5	≤3.0
	最大值 (Max)	≤3.7	≤7.0	≤3.0	≤3.1	≤3.6	≤3.5	≤3.9	≤3.3
通道均匀性 (Channel Uniformity)	最大值 (Max)	≤0.6	≤0.6	≤1.0	≤1.0	≤1.1	≤1.1	≤1.5	≤1.4
偏振相关损耗 (PDL)	典型值 (Typ)	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
	最大值 (Max)	≤0.2	≤0.2	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3
标准规格 (Standard Grade)									
插入损耗在常温 (Insertion Loss at 23°C)	典型值 (Typ)	≤3.6	≤7.0	≤3.5	≤3.4	≤3.6	≤3.6	≤3.9	≤3.5
	最大值 (Max)	≤3.8	≤7.4	≤3.6	≤3.6	≤3.8	≤3.8	≤4.1	≤3.6
通道均匀性 (Channel Uniformity)	最大值 (Max)	≤0.6	≤0.8	≤1.0	≤1.0	≤1.1	≤1.1	≤1.5	≤1.4
偏振相关损耗 (PDL)	典型值 (Typ)	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
	最大值 (Max)	≤0.2	≤0.2	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3
回波损耗 (Return Loss)	最小值 (Min)	55dB规格 (Premium Grade)/50dB标准规格 (Standard Grade)							
方向性 (Directivity)	最小值 (Min)	55							
工作波长 (Operating wavelength)	nm	1260 - 1630							
工作温度 (Operation Temperature)	°C	-40 ~ +85							
存储温度 (Storage Temperature)	°C	-40 ~ +85							
光纤类型 (Fiber Type)	-	G.657A或客户指定 (G.657A Or Customized)							

参数(Parameter)	单位(Unit)	2X2	2X4	2X8	2X16	2X32	2X64
高规格 (Premium Grade)							
插入损耗在常温 (Insertion Loss at 23°C)	典型值 (Typ)	≤4.8	≤7.2	≤6.6	≤6.8	≤7.4	≤7.6
	最大值 (Max)	≤4.2	≤7.5	≤3.0	≤3.3	≤3.5	≤3.5
通道均匀性 (Channel Uniformity)	最大值 (Max)	≤1.2	≤1.5	≤1.6	≤1.6	≤2.3	≤2.5
偏振相关损耗 (PDL)	典型值 (Typ)	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.3
	最大值 (Max)	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.4	≤0.4	≤0.4
标准规格 (Standard Grade)							
插入损耗在常温 (Insertion Loss at 23°C)	典型值 (Typ)	≤4.2	≤7.5	≤3.0	≤3.3	≤3.4	≤3.5
	最大值 (Max)	≤4.5	≤7.9	≤3.4	≤3.7	≤3.9	≤4.0
通道均匀性 (Channel Uniformity)	最大值 (Max)	≤1.2	≤1.5	≤1.6	≤1.6	≤2.3	≤2.5
偏振相关损耗 (PDL)	典型值 (Typ)	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.3
	最大值 (Max)	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.4	≤0.4	≤0.5
回波损耗 (Return Loss)	最小值 (Min)	55dB规格 (Premium Grade)/50dB标准规格 (Standard Grade)					
方向性 (Directivity)	最小值 (Min)	55					
工作波长 (Operating wavelength)	nm	1260 - 1630					
工作温度 (Operation Temperature)	°C	-40 ~ +85					
存储温度 (Storage Temperature)	°C	-40 ~ +85					
光纤类型 (Fiber Type)	-	G.657A或客户指定 (G.657A Or Customized)					

产品参数规格 Specification:

参数(Parameter)	单位(Unit)	1X2	1X4	1X6	1X8	1X12	1X16	1X32	1X64
板架型光分路器 (Rack Type PLC Splitter)	高×宽×长 H×W×L	400	4×4×40			4×4×50		4×7×55	4×12×60
分支器型光分路器 (900um Fan-out Type PLC Splitter)	高×宽×长 H×W×L	400	4×4×40			4×4×50		4×7×55	4×12×60
微型模块式光分路器 (900um SFF Type PLC Splitter)	高×宽×长 H×W×L	400	8×7×50	4×7×35			6×20×30		6×40×120
盒式光分路器 (Canister Type PLC Splitter Module)	高×宽×长 H×W×L	400		10×80×160			10×80×120		10×115×140
托盘式光分路器 (Tray Assembly PLC Splitter Module)	外形尺寸 Dimension	-		1个12芯一体化托盘 12-F Tray Bay				2个12芯一体化托盘 2*12-F Tray Bay	
机架式光分路器 (Rack Type PLC Splitter Module)	外形尺寸 Dimension	-		18英寸 (4U/3U/2U) 标准机架或客户指定 19inch, 3U/2U/1U... Standard Rack Mount or Customized					
贴片式封装光分路器模块 (SMD Package Type PLC Splitter Module)	高×宽×长 H×W×L	400	-	130×100×25		130×100×30		130×100×75 或 130×100×102	130×100×154 或 130×100×190

参数(Parameter)	单位(Unit)	2X2	2X4	2X8	2X16	2X32	2X64
板架型光分路器 (Rack Type PLC Splitter)	高×宽×长 H×W×L	400	4×5×45			4×7×55	4×12×60
分支器型光分路器 (900um Fan-out Type PLC Splitter)	高×宽×长 H×W×L	400	4×5×45			4×7×55	4×12×60
微型模块式光分路器 (900um SFF Type PLC Splitter)	高×宽×长 H×W×L	400	4×7×30		6×20×30		6×40×120
盒式光分路器 (Canister Type PLC Splitter Module)	高×宽×长 H×W×L	400		10×80×160		10×80×120	10×115×140
托盘式光分路器 (Tray Assembly PLC Splitter Module)	外形尺寸 Dimension	-		1个12芯一体化托盘 12-F Tray Bay			2个12芯一体化托盘 2*12-F Tray Bay
机架式光分路器 (Rack Type PLC Splitter Module)	外形尺寸 Dimension	-		18英寸 (4U/3U/2U) 标准机架或客户指定 19inch, 3U/2U/1U... Standard Rack Mount or Customized			
贴片式封装光分路器模块 (SMD Package Type PLC Splitter Module)	高×宽×长 H×W×L	400	-	130×100×25		130×100×30 或 130×100×102	130×100×154 或 130×100×190

PDB Terminal Box



For detailed inquiry
please contact our
sales team at:
market@jfopt.com

MODEL : JFOPP-PDB0216



www.jfopt.com

Technical Specification

● **Features :**

- ◆ **Industry Standard User Interface, be made of high impact plastic.**
- ◆ **Can accommodate 1x8 & 1X16 PLC splitter.**
- ◆ **Anti-UV, Ultra violet resistant and rainfall resistant, salt spray and acid mist resistant**
- ◆ **Outdoor use, Ingress Protection IP65**
- ◆ **Up to 16 FTTH drops.**
- ◆ **Wall and pole mountable.**
- ◆ **2 inlet ports, 16 outlet ports.**

● **Application:**

- ◆ **Widely used in FTTH access network.**
- ◆ **Telecommunication Networks**
- ◆ **CATV Networks**
- ◆ **Data communications Networks**
- ◆ **Local Area Networks**

ANEXO 9

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	2019											
					Feb	Mar	Qtr 2, 2019		Jun	Qtr 3, 2019		Sep	Qtr 4, 2019			
1	Proyecto Tesis de Grado	133 days	Wed 13/2/19	Fri 16/8/19	[Gantt bar from Feb to Aug]											
2	Elaboracion propuesta PIC	20 days	Wed 13/2/19	Tue 12/3/19	[Gantt bar in Feb]											
3	Revisión del plan	2 days	Tue 12/3/19	Wed 13/3/19	[Gantt bar in Mar]											
4	Correcciones y presentación del plan	5 days	Wed 13/3/19	Tue 19/3/19	[Gantt bar in Mar]											
5	Desarrollo CAPÍTULO UNO	20 days	Tue 19/3/19	Mon 15/4/19	[Gantt bar in Mar]											
6	Correcciones de Documento	5 days	Mon 15/4/19	Fri 19/4/19	[Gantt bar in Apr]											
7	Desarrollo CAPÍTULO DOS	20 days	Fri 19/4/19	Thu 16/5/19	[Gantt bar in Apr]											
8	Correcciones de Documento	5 days	Thu 16/5/19	Wed 22/5/19	[Gantt bar in May]											
9	Desarrollo del CAPÍTULO TRES	20 days	Wed 22/5/19	Tue 18/6/19	[Gantt bar in May]											
10	Levantamiento de información en campo	5 days	Tue 18/6/19	Mon 24/6/19	[Gantt bar in Jun]											
11	Correcciones de Documento	5 days	Mon 24/6/19	Fri 28/6/19	[Gantt bar in Jun]											
12	Cálculo de los enlaces	2 days	Fri 28/6/19	Mon 1/7/19	[Gantt bar in Jun]											
13	Prediseño	2 days	Mon 1/7/19	Tue 2/7/19	[Gantt bar in Jul]											
14	Replanteo	1 day	Tue 2/7/19	Tue 2/7/19	[Gantt bar in Jul]											
15	Georreferenciación	1 day	Tue 2/7/19	Tue 2/7/19	[Gantt bar in Jul]											
16	Digitalizacion	1 day	Tue 2/7/19	Tue 2/7/19	[Gantt bar in Jul]											
17	Diseño de red	2 days	Tue 2/7/19	Wed 3/7/19	[Gantt bar in Jul]											
18	Desarrollo CAPÍTULO CUATRO	20 days	Wed 3/7/19	Tue 30/7/19	[Gantt bar in Jul]											
19	Correcciones de Documento	6 days	Tue 30/7/19	Tue 6/8/19	[Gantt bar in Aug]											
20	Revisión General de Documento	5 days	Tue 6/8/19	Mon 12/8/19	[Gantt bar in Aug]											
21	Aprobación del Documento	5 days	Mon 12/8/19	Fri 16/8/19	[Gantt bar in Aug]											
22	Entrega de anillados	1 day	Fri 16/8/19	Fri 16/8/19	[Gantt bar in Aug]											