



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA:

**“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH PARA BRINDAR EL
SERVICIO DE INTERNET A LOS USUARIOS DE LA EMPRESA REDECOM EN
EL CENTRO DE LA CIUDAD DE OTAVALO.”**

AUTOR: RUIZ PÉREZ MARCO ANDRÉS

DIRECTORA: MSc. NARVÁEZ PUPIALES SANDRA KARINA

Ibarra- Ecuador



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO

Cédula de identidad	1002772034
Apellidos y Nombres	Ruiz Pérez, Marco Andrés
Dirección	Panamericana y Enrique Terán (Parroquia de San Roque)
E-mail	maruizp@utn.edu.ec
Teléfono fijo	062900315
Teléfono móvil	0999659200

DATOS DE LA OBRA

Título	DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH PARA BRINDAR EL SERVICIO DE INTERNET A LOS USUARIOS DE LA EMPRESA REDECOM EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE OTAVALO
Autor	Ruiz Pérez, Marco Andrés
Fecha	Marzo del 2019
Programa	Pregrado
Título	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
Directora	MSc. Sandra Karina Narváez

2. AUTORIZACIÓN DE USOA A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

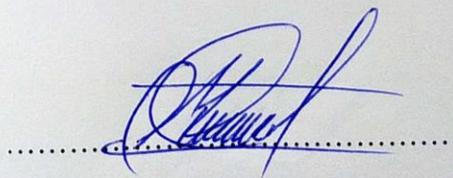
Yo, Marco Andrés Ruiz Pérez, con cedula de identidad Nro. 100277203-4, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio digital institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de educación superior artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor a terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, marzo del 2019

EL AUTOR



Marco Andrés Ruiz Pérez

100277203-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL TÍTULO
DECLARACIÓN

Yo, Marco Andrés Ruiz Pérez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento. A través de la presente declaración cedo los derechos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica Del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica Del Norte.

Ibarra, marzo del 2019

EL AUTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'MARCO ANDRÉS RUIZ PÉREZ', is written over a horizontal dashed line.

Marco Andrés Ruiz Pérez

1002772034



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

El Sr. Marco Andrés Ruiz Pérez, portador de la cedula de identidad número: 100277203-4, ha trabajado en el desarrollo del proyecto de grado **“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH PARA BRINDAR EL SERVICIO DE INTERNET A LOS USUARIOS DE LA EMPRESA REDECOM EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE OTAVALO.”**, previo a la obtención del Título en Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación, realizado con interés profesional y responsabilidad, que certifico en honor a la verdad.

Ibarra, marzo del 2019

MSc. Sandra Narváez

Director de Trabajo de Grado



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por haberme dado la vida, salud y sabiduría para alcanzar las metas trazadas, siendo la luz en mi camino.

A mi directora de tesis MSc. Sandra Narváez y a los demás docentes de mi carrera universitaria por haber tenido el tiempo y la paciencia para impartirme sus conocimientos y guiarme para culminar este trabajo de titulación.

A mi madre, Laura Pérez por ser mi guía en todo momento y brindarme todo su apoyo incondicional, por enseñarme a ser un hombre de bien y ser mi ejemplo.

A mis hermanas, Paulina y Jennifer por estar siempre apoyándome en todo momento sobre todo cuando más lo necesite.

Marco Ruiz



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico a mi madre ya que es la persona más importante en mi vida y me ha sabido guiar por el camino del bien para poder alcanzar mis metas, ya que ella ha sido padre y madre para mí.

De igual manera dedico a mis hermanas, ya que gracias a su apoyo este trabajo se pudo realizar satisfactoriamente.

Marco Ruiz

RESUMEN

En una Empresa de Telecomunicaciones los procesos de transmisión de la información demandan una gran cantidad de recursos para satisfacer las necesidades que requieren los usuarios, es por tal razón que se necesita adoptar una nueva tecnología como lo es GPON-FTTH, infraestructura que gracias a sus características propias establece fiabilidad, escalabilidad, disponibilidad y la adquisición de nuevos clientes, permitiendo soportar las futuras demandas en servicios como en aplicaciones.

En el análisis de la Empresa REDECOM, se verificó los servicios y la cobertura que posee con radio enlace, así como también el Backbone y los nodos de distribución del Internet, de la misma manera se realizó una encuesta del servicio de Internet que actualmente ofrece, determinando la satisfacción y problemas de los clientes en la ciudad de Otavalo de acuerdo a aspectos relevantes como velocidad de transmisión, pérdida de conexión, fiabilidad y confort.

Se propone un diseño de red de fibra óptica con la Tecnología GPON-FTTH, para una demanda de población de aproximadamente de 1882 usuarios en un tiempo estimado de 5 años, además mediante el software de AutoCAD se implementó los dispositivos necesarios para la red de distribución y acceso. Además, se hace una comprobación del presupuesto óptico y los requerimientos de diseño para los equipos que conformarán la red óptica pasiva.

Finalizando con trabajo de titulación, se estableció un análisis económico con la ayuda de los indicadores de rentabilidad como el VAN, TIR, PRI y costo/beneficio, para ello se estableció una estimación de ingresos y egresos de la Empresa REDECOM. En ese mismo orden de ideas se logró determinar que la implementación de este proyecto es rentable para la Empresa de REDECOM.

ABSTRACT

In a telecommunications company, the transmission processes of information demands a large amount of resources so to satisfy the needs that users require, it is necessary to adopt a new technology such as GPON-FTTH and infrastructure. This technology establishes reliability, scalability, availability and the acquisition of new customers. This allows to support future demands in services and applications.

In the analysis of the REDECOM company, it was verified the services and the coverage that the link has as well as the Backbone and the distribution nodes of the internet at present. In the same way, a survey was conducted about the Internet service that is currently offered. This determined the satisfaction and problems of customers in the city of Otavalo, according to data such as: transmission speed, connection loss, reliability and comfort.

This research work proposes an optical fiber network design with GPON-FTTH technology, for a population demand of approximately 1882 users in an estimated time of 5 years. Also through the software of AutoCAD was implemented the necessary devices for distribution and access, In addition, a verification of the optical budget and design requirements for the equipment that will make up the passive optical network.

Finalizing with the titling work, a cost analysis was established with the help of indicators such as VAN, TIR, PRI and cost benefit and estimate of income and expenses of the REDECOM company was established annually. In this same order of ideas it was possible to determine that the implementation of this project is profitable for the REDECOM company.

INDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÈCNICA DEL NORTE.....	ii
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
INDICE DE ECUACIONES	xvii
Capítulo I.....	18
1. Antecedentes.....	18
1.1. Tema	18
1.2. Problema.....	18
1.3. Objetivos.....	19
1.3.1. Objetivo General.....	19
1.3.2. Objetivos específicos.....	19
1.4. Alcance	20
1.5. Justificación.....	21
Capítulo II.....	23
2. Marco Teórico	23
2.1. La Fibra Óptica.....	23
2.1.2 Tipos de Fibra Óptica	26
2.1.3 Ventanas de Transmisión de la Fibra Óptica.....	29
2.1.4 Componentes de una Red de Fibra Óptica	29
2.2. Redes de Acceso de Fibra Óptica.....	36
2.3. Tipos de Redes FTTx	37
2.4. Redes Ópticas Pasivas (PON).....	39
2.5. GPON	44
2.5.1. Análisis de la Tecnología GPON.....	45
2.5.2. Componentes de la Red GPON	50
2.5.3. Distribución y Acceso a la Red GPON	52
2.6. Normativa Legal Vigente	54

2.7 Análisis de las Experiencias y Problemas que presenta la Tecnología GPON	56
Capítulo III	58
3. Situación Actual de la Empresa REDECOM	58
3.1 Análisis de la Empresa	58
3.2 Análisis del Backbone de la Red	60
3.3 Posición de REDECOM en el Mercado como Prestador de Servicios de Internet	66
Capítulo IV	81
4. Diseño de la Red.....	81
4.1 Desarrollo del Diseño de Fibra Óptica	81
4.1.1 Selección del Área.....	81
4.1.2. Requerimientos de Diseño.....	84
4.1.3. Selección de las Tecnologías.....	84
4.1.4. Selección de la Fibra Óptica.....	86
4.2 Diseño de la Red de Acceso	87
4.2.1. Ubicación de los Splitters	88
4.3 Presupuesto Óptico.....	92
4.3.1. Cálculo de la atenuación total.....	93
4.3.2. Cálculo del Presupuesto de Pérdidas	96
4.4. Despliegue de la Red	98
4.5 Selección de Equipos Ópticos	99
4.5.1 OLT	101
4.5.2 ODF	107
4.5.3 FDH	109
4.5.4 NAP	110
4.5.5 ROSETA.....	112
4.5.6 ONT	113
4.5.7 Resumen de los Equipos Seleccionados para la red GPON en la Empresa REDECOM.....	114
Capítulo V.....	116
5. Análisis Económico.....	116
5.1. Análisis Financiero.....	116
5.1.1. Estimación de Costos por Egresos.....	116
5.1.2. Estimación de Ingresos	127
5.1.3. Estado de Resultados Proyectados	130

5.1.4. Flujo de Efectivo Proyectado	130
5.1.3. Indicadores De Rentabilidad	131
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	136
6.1 Conclusiones.....	136
6.2. Recomendaciones	138
Referencias Bibliográficas.....	140
Anexos	147
Anexo A: Formato de la Encuesta.....	147
Anexo B: Compartición Legal-Empresa REDECOM.....	149
Anexo C: Proceso de Tendido del Cable de Fibra Óptica	156
Anexo D: Red limitada GPON	160
Anexo E: Datasheet OLT Marca Huawei MA5603T	161
Anexo F: Datasheet ONT Marca Huawei HG8045Q.....	165
Anexo G: Datasheet de Roseta Marca Optichina OP-FS2S	167
Anexo H: Datasheet de Splitters Marca Huawei SPL1202	168
Anexo I: Datasheet de NAPs Modelo GPJ09-8205.....	172
Anexo J: Datasheet Cable Monomodo de 12 Hilos de Fibra Óptica.....	176
Anexo K: Datasheet Cable Drop G.657	177
Anexo L: Datasheet de Gabinete Marca Huawei F01300	178
Anexo M: Red Feeder.....	179
Anexo N: Red Distribución	179
Anexo O: Recomendación UIT-T G.984.x Redes Ópticas – PON	180
Anexo P: Normativa de Instalación ARCOTEL	196

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: PARTES DE UNA FIBRA ÓPTICA.....	24
FIGURA 2: GUÍAS DE HAZ DE LUZ EN UNA FIBRA ÓPTICA.....	25
FIGURA 3: GUÍAS DE HAZ DE LUZ EN FIBRA ÓPTICA	26
FIGURA 4: IDENTIFICACIÓN DE UNA FIBRA ÓPTICA.	28
FIGURA 5: VENTANAS ÓPTICAS DE OPERACIÓN.	29
FIGURA 6: COMPLICACIONES TÉCNICAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	30
FIGURA 7: SPLITTER PARA UNA FIBRA ÓPTICA.	32
FIGURA 8: ESQUEMA INTERNO DE UN AMPLIFICADOR EDFA.....	34
FIGURA 9: CAJA DE EMPALME PARA FIBRA ÓPTICA.....	34
FIGURA 10: TRANSMISOR ÓPTICO	35
FIGURA 11: RECEPTOR ÓPTICO	36
FIGURA 12: ARQUITECTURA DE RED DE ACUERDO A LA CERCANÍA CON EL ABONADO DE REDES CON TECNOLOGÍA GPON.....	37
FIGURA 13: ARQUITECTURA DE UNA RED PON GENÉRICA.....	40
FIGURA 14: TRÁFICO DE CANALES DESCENDENTE Y ASCENDENTE.....	41
FIGURA 15: RED GPON.....	47
FIGURA 16: TOPOLOGÍA DE UNA RED GPON	52
FIGURA 17: DIAGRAMA DE CONECTIVIDAD EMPRESA REDECOM.....	61
FIGURA 18: DIAGRAMA DE CONECTIVIDAD LÓGICO NODO PUCARA 1001	62
FIGURA 19: INSTALACIONES NODO PAN DE QUESO.....	64
FIGURA 20: INSTALACIONES NODO CERRO COTOCACHI.	65
FIGURA 21: INSTALACIONES NODO YURACRUZ.	65
FIGURA 22: PORCENTAJE DE EMPRESAS DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET	67
FIGURA 23: APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN A LOS CLIENTES DE LA EMPRESA REDECOM EN OTAVALO	69
FIGURA 24: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA ÍTEM 1.....	72
FIGURA 25: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA ÍTEM 2.....	73
FIGURA 26: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA ÍTEM 3.....	74
FIGURA 27: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA ÍTEM 4 (PARTE A).	75
FIGURA 28: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA ÍTEM 4 (PARTE B).....	76

FIGURA 29: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA ÍTEM 4 (PARTE C).....	76
FIGURA 30: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ÍTEM 5.....	77
FIGURA 31: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ÍTEM 6.....	78
FIGURA 32: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ÍTEM 7.....	78
FIGURA 33: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ÍTEM 8.....	79
FIGURA 34: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ÍTEM 9.....	80
FIGURA 35: MAPA DE UBICACIÓN DE LA POBLACIÓN DE OTAVALO – ECUADOR	81
FIGURA 36: ÁREA SELECCIONADA PARA EL DISEÑO DE LA RED FTTH EN LA POBLACIÓN DE OTAVALO	88
FIGURA 37: RECORRIDO MÁS LARGO DE LA RED EN LA POBLACIÓN DE OTAVALO	89
FIGURA 38: DISTRIBUCIÓN DE LOS SPLITTERS EN LA POBLACIÓN DE OTAVALO	91
FIGURA 39: APLICACIONES PARA REDES GPON	94
FIGURA 40: DIAGRAMA LÓGICO DE CONEXIÓN DEL CARRIER	100
FIGURA 41: TOPOLOGÍA RED GPON A CONSIDERAR EN LA POBLACIÓN DE OTAVALO.....	100
FIGURA 42: EQUIPO OLT GPON FK-OLT-G2500.....	103
FIGURA 43: OLT HUAWEI MA5603T.....	104
FIGURA 44: UF-OLT UBIQUITI.....	105
FIGURA 45: ODF HUAWEI F01S300 FTTH A UTILIZAR EN LA POBLACIÓN DE OTAVALO...	108
FIGURA 46: SERIE SPL1202 DE DIVISOR ÓPTICO	110
FIGURA 47: NAP MODELO GPJ09-8205	111

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: TIPOS CONECTORES DE FIBRA ÓPTICA.....	31
TABLA 2: PÉRDIDAS DE DIVISOR E INSERCIÓN DE SPLITTER	33
TABLA 3: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES GPON Y EPON.....	50
TABLA 4: PLANES DE INTERNET POR FIBRA ÓPTICA	58
TABLA 5: COBERTURA DE LA EMPRESA REDECOM	59
TABLA 6: SITE SURVEY DE LOS PRINCIPALES NODOS DE LA EMPRESA	63
TABLA 7: NIVEL DE CONFIANZA (Z).....	68
TABLA 8: DATOS PARA OBTENER LA MUESTRA	69
TABLA 9: RESULTADOS DE LA ENCUESTA A LOS CLIENTES DE LA EMPRESA REDECOM EN OTAVALO	70
TABLA 10: DEMANDA ESTIMADA DE USUARIOS.....	83
TABLA 11: CABLE DE FIBRA ÓPTICA A UTILIZAR EN LA POBLACIÓN DE OTAVALO	86
TABLA 12: COORDENADAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE SPLITTER EN LA ZONA DE ESTUDIO.	90
TABLA 13: PARÁMETROS ÓPTICOS DE UNA RED GPON.....	92
TABLA 14: CÁLCULO DE LONGITUD DEL SEGMENTO.....	94
TABLA 16: VALORES NORMADOS DE LOS SISTEMAS GPON PARA OLT Y ONT.....	96
TABLA 16: REQUERIMIENTOS GENERALES	97
TABLA 17: REQUERIMIENTOS GENERALES OLT.....	101
TABLA 18: CARACTERÍSTICAS OLT GPON FK-OLT-G2500.....	102
TABLA 19: OLT HUAWEI SMART MA5603T	103
TABLA 20: CARACTERÍSTICAS OLT UBIQUITI UF4-8.....	104
TABLA 21: COMPARATIVA DE LOS DIFERENTES FABRICANTES OLT	105
TABLA 24: CUADRO COMPARATIVO DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ENTRE DISTINTAS ODF	107
TABLA 23: CUADRO COMPARATIVO DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SPLITTERS ..	109
TABLA 24: ROSETA FO2 PUERTOS MODELO OP-FS2S	112
TABLA 25: REQUERIMIENTOS PRINCIPALES ONT.....	113
TABLA 26: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ENTRE DISTINTAS ONT ECHOLIFE.....	113
TABLA 27: ONT ECHOLIFE HG8045Q - PARÁMETROS.....	114

TABLA 28: LISTA DE COSTOS DE LOS EQUIPOS GPON DE OTAVALO.....	117
TABLA 29: TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA RED GPON OTAVALO	118
TABLA 30: PERSONAL NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA RED GPON OTAVALO	118
TABLA 31: PAGOS ANUALES DEL PERSONAL	119
TABLA 32: COSTOS DE ALQUILER DE POSTERIA	119
TABLA 33: GASTOS ESTIMADOS POR MOVILIZACIÓN	120
TABLA 34: COSTOS DE PUBLICIDAD.....	121
TABLA 35: COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN	122
TABLA 36: COSTOS DE MANTENIMIENTO	122
TABLA 37: COSTOS DE ARRIENDO Y CAPACITACIÓN	123
TABLA 38: COSTO DE EQUIPOS FINALES.....	123
TABLA 39: COSTOS DEL INTERNET Y DE INSTALACIÓN	124
TABLA 40: COSTO ANUAL DEL INTERNET E INSTALACIÓN	124
TABLA 41: COSTO ANUAL DEL INTERNET E INSTALACIÓN AÑO 2	125
TABLA 42: COSTO ANUAL DEL INTERNET E INSTALACIÓN AÑO 3	125
TABLA 43: COSTO ANUAL DEL INTERNET E INSTALACIÓN AÑO 4	126
TABLA 44: COSTO ANUAL DEL INTERNET E INSTALACIÓN AÑO 5	126
TABLA 45: COSTO DE DEPRECIACIONES	127
TABLA 46: ESTIMACIÓN DE USUARIOS DE FIBRA ÓPTICA E INALÁMBRICA.....	128
TABLA 47: PRECIOS DEL SERVICIO DE INTERNET E INSTALACIÓN	128
TABLA 48: COSTOS DE INGRESOS POR SERVICIO E INSTALACIÓN	129
TABLA 49: ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADOS	130
TABLA 50: FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO	130
TABLA 51: FLUJO ACTIVO NETO (FAN).....	131
TABLA 52: PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)	134

INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: CÁLCULO DEL NÚMERO DE MUETSRAS.....	68
ECUACIÓN 2: FÓRMULA DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL	82
ECUACIÓN 3: ATENUACIÓN TOTAL DE LA RED ÓPTICA	93
ECUACIÓN 4: CÁLCULO DEL PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS	96
ECUACIÓN 5: FÓRMULA VAN	132
ECUACIÓN 6: FÓRMULA TIR	133
ECUACIÓN 7: FÓRMULA COSTO/BENEFICIO.....	135

Capítulo I

1. Antecedentes

1.1. Tema

Diseño de una red de Fibra Óptica FTTH para brindar el servicio de Internet a los usuarios de la empresa REDECOM en el centro de la ciudad de Otavalo.

1.2. Problema

En la actualidad la empresa REDECOM es una entidad privada, que brinda a los usuarios el servicio de Internet en modalidades Clear Channel o Punto a Punto. La empresa REDECOM tiene la oficina matriz en la ciudad de Atuntaqui, la misma que da cobertura en la provincia de Imbabura principalmente, así como también las provincias del Carchi y Pichincha. Es por tal razón que la empresa REDECOM a medida que sus abonados incrementa, su infraestructura requiere ser modernizada y escalable, por lo que es necesario implementar o dar servicios mediante otras tecnologías como por ejemplo GPON (FTTH), la cual permitirá una comunicación fiable a todos sus abonados de la empresa, permitiendo mayor disponibilidad y velocidad, satisfaciendo los requerimientos de los usuarios.

Por otra parte, de la observación, experiencia y conversaciones realizadas con personas que directa o indirectamente se relacionan con el tema de la presente investigación se ha apreciado que los usuarios han aumentado considerablemente y los anchos de banda no son los mismos a años anteriores, razón por la cual el Backbone de la empresa se encuentra limitado y por lo tanto el servicio de Internet ya no abastece a los usuarios, de tal forma que es necesario reestructurar la infraestructura con Redes de Nueva Generación con el objetivo de brindar a los usuarios las prestaciones requeridas.

En base a los nuevos requerimientos se ha visto la necesidad de diseñar una Red de Fibra Óptica (FTTH), a través de la tecnología GPON, con métodos de despliegue de la red de distribución y acceso, así como también técnicas de montaje y equipamiento, todo esto en relación a los tópicos teóricos, tecnológicos y de campo, manteniéndose siempre a la

vanguardia de la estandarización y normativa. Permitiendo en primera instancia satisfacer las necesidades de los clientes, así como también abarcar nuevas zonas de cobertura y por ende más usuarios.

Por lo tanto el presente proyecto de investigación mediante el diseño de la red con tecnología GPON se hace necesario e indispensable para la empresa REDECOM, siendo los únicos beneficiarios los usuarios del servicio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar una Red de Fibra Óptica mediante la tecnología GPON (FTTH) para brindar servicio de Internet a los usuarios de la empresa REDECOM en el centro de la ciudad de Otavalo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las bases teóricas científicas a través de una investigación de fuentes primarias y secundarias para analizar las experiencias y problemas que presenta la tecnología GPON basándose en costos de despliegue.
- Realizar una estimación de la demanda para determinar la capacidad de navegación que requiera la población actual y futura.
- Analizar el Backbone de la red para determinar las características necesarias que presenta y soporta la infraestructura de la empresa.
- Diseñar una propuesta de Red de Fibra Óptica para satisfacer las necesidades en términos de capacidad de acceso al Internet de los usuarios.
- Realizar una viabilidad financiera que permita determinar la inversión y rentabilidad que generará el proyecto.

1.4. Alcance

La creciente demanda de servicios tales como datos, video y acceso a Internet de alta velocidad por parte de los usuarios de la zona de estudio hace que la manera de proveer dichos servicios tenga que proponer nuevas estrategias en las tecnologías de acceso para satisfacer las exigencias de los clientes, de tal manera que la presente investigación girará sobre la base de los objetivos específicos, por lo tanto cada uno de estos tendrá su particularidad para desarrollarse o camino a seguirse, a continuación se presenta una breve descripción de lo que se trata o pretende desarrollar en cada objetivo específico.

El marco teórico se desarrollará sobre la base de una investigación documental, para lo cual se analizará textos, documentos y artículos relacionados a las redes GPON. Una vez analizada dicha información se sintetizará o explicitará a través de una redacción, cuadros o gráficos.

Mediante modelos de proyección estadístico y muestra de la población se determinará la capacidad que va a necesitar cada usuario, así como también la escalabilidad que tendrá la tecnología GPON al brindar el servicio de Internet a los actuales y nuevos usuarios para una proyección de 5 años.

Es necesario verificar el Backbone de la empresa, características y capacidad que presenta para determinar el dimensionamiento actual y futuro de acuerdo a los requerimientos de los usuarios y obtener recomendaciones para analizar si la infraestructura de red es suficiente para su despliegue de la nueva tecnología GPON, o por lo contrario si necesitará ser modificada.

El Diseño de una red de Fibra Óptica se lo realizará mediante parámetros como: capacidad, actuales y futuros clientes, tipo de servicio y el modo de despliegue, en este caso se realizará de forma aérea debido a que el sector de aplicación consta de postería en todo el sector, puesto que de forma soterrada conllevará más costos y tiempo. De tal manera que se presentará los beneficios tanto de forma técnica como financiera.

Para determinar la rentabilidad del proyecto de diseño de la Red de Fibra Óptica se hará el análisis económico, tomando en cuenta los indicadores de rentabilidad para verificar la viabilidad financiera y obtener una visión clara al implementarse el diseño de red, estableciendo su escalabilidad para los 5 años.

Terminado este proyecto de tesis se tendrá como resultado un diseño de Red de Fibra Óptica para la empresa REDECOM, la cual será la base para la innovación de la empresa y sobre todo para la satisfacción de los clientes.

1.5. Justificación

La presente investigación se justifica en la medida en que de ejecutarse el proyecto existirá algunas instancias, grupos y personas que serán beneficiadas directa o indirectamente; así los beneficiarios primarios o directos serán:

- En primer lugar los que se beneficiarán de la ejecución de este proyecto serán los usuarios del servicio debido a que podrán obtener el servicio de Internet a mayor velocidad y podrán navegar en la red sin ningún problema, puesto que la instalación de Fibra Óptica conlleva soportar grandes anchos de banda a altas velocidades de transmisión.
- Por otra parte quienes serán también beneficiados de la ejecución del presente proyecto de investigación son los propietarios de la empresa REDECOM, puesto que no solo fidelizarán y brindarán un mejor servicio a sus usuarios actuales, sino que también podrán conseguir nuevos clientes y con esto la empresa se consolidaría de mejor manera y se convertiría en una de las mejores empresas de que brinda el servicio de Internet de calidad y a buen precio.
- También se puede destacar que otro grupo beneficiario serían las personas que una vez que se ejecute el proyecto se encarguen de la instalación y despliegue de la Red de Fibra Óptica, es decir con el desarrollo de este proyecto se desarrollará nuevas fuentes de trabajo en la ciudad de Otavalo.

Es importante recalcar que el proyecto dará lugar a que se beneficien de una forma relativamente indirecta una serie de actores o instancias, de entre los que podemos citar:

- De manera indirecta se beneficiarán principalmente los proveedores, tanto a nivel internacional como también interno, ya que al momento de realizar la implementación de Fibra Óptica se requiere contratar de los servicios de proveedores de estos materiales y equipos a utilizarse
- Los medios de comunicación de la localidad como prensa y radio por ejemplo, por su parte también se beneficiarán con los pagos que se realizarán por concepto de publicidad.

Además el proyecto se justifica porque se cuenta con los recursos humanos, materiales y apoyo logístico que brindarán tanto los docentes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, como también de la persona que estará encargada de asesorar el presente proyecto, también se dispone de los conocimientos teóricos y científicos que permitirán desarrollar la investigación y además porque se cuenta con el tiempo y recursos necesarios.

Capítulo II

2. Marco Teórico

Las redes de acceso con mayor proliferación en los últimos 30 años han sido las de cobre, pero dado el incremento del número y la calidad de los servicios que se prestan, requieren un cambio o adaptación con otro tipo de medio guiado o fijo, como la fibra óptica, lo que genera mejorar drásticamente el servicio alcanzando velocidades muy superiores a las de cobre.

En la actualidad está muy extendido el uso de la fibra óptica para enlaces domésticos, partiendo de las redes con topología o arquitectura FTTH (Fibre To The Home) o Fibra hasta la casa para el acceso a Internet, tanto a nivel de acceso como de transporte, basadas en acceso óptico pasivo como GPON, manejando velocidades a partir de 1,244Gbps, apoyado en los anteriores estándares de la UIT, permite reutilizar los componentes existentes de las redes heredadas de Fibra Óptica.

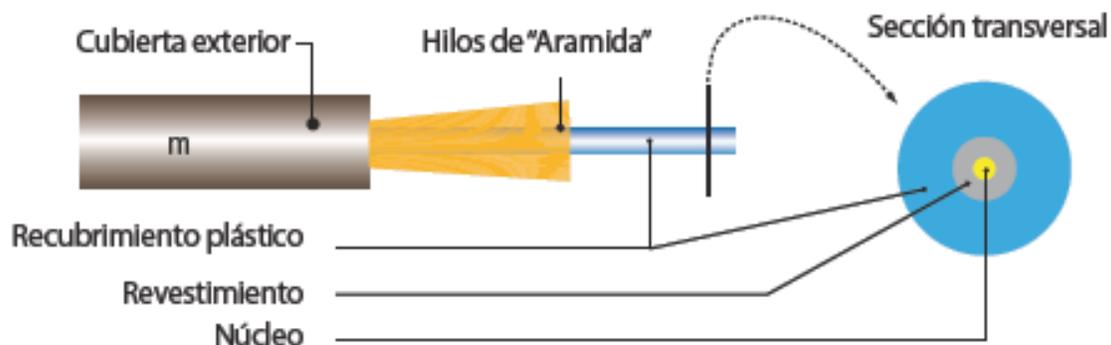
Es por ello, que definiremos ciertos conceptos y procedimientos técnicos relacionados con las redes de acceso de transmisión de datos específicamente con la tecnología GPON.

2.1. La Fibra Óptica

Desde la década de los 90, la creciente demanda de los servicios de comunicaciones intensifica la búsqueda de una infraestructura capaz de satisfacer a los usuarios; Después de varios años de investigación se ha visto como alternativa usar la luz como una fuente de información, usando como medio de conducción una fibra transparente flexible para transmitir las señales ópticas.

La comunicación por Fibra Óptica es una técnica de transmisión de información enviando señales de luz. Actualmente, gracias a sus grandes prestaciones, la Fibra Óptica es el medio de transporte de información utilizado por las grandes redes de comunicación. Su estructura está conformada por un núcleo cilíndrico, cubierto con dos materiales dieléctricos, uno de ellos con un índice de refracción inferior para que pueda propagarse dentro del núcleo.

(Zaldivar, 2015). En la Figura 1 se puede observar cómo se encuentra estructurada la Fibra Óptica.



Composición típica de una fibra óptica.

Figura 1: Partes de una Fibra Óptica
Fuente: Lara, P. (2014)

El material empleado para su fabricación es vidrio flexible sumamente duro y transparente, obtenido mediante un proceso de refinamiento muy elaborado a partir del dióxido de silicio (SiO_2). (Quelal V. & Chaves, S., 2015). Tanto el revestimiento como el núcleo están hechos de material transparente ya sea de vidrio o plástico. Este tipo de guía de ondas facilita que los haces de luz se propaguen de manera confinada en su interior.

La Fibra Óptica puede o no contener el recubrimiento primario, con el núcleo descubierto solo una pequeña parte de la energía es transportada dentro de la fibra, la demás se considera como pérdida. Es por ello que la Fibra que tiene recubrimiento primario resulta ser más eficiente al transportar la luz ya que las pérdidas serán mucho menores, como se puede observar en la Figura 2. Los problemas que presentaban las fibras, como son las pérdidas de luz y la distorsión ya no son tan frecuentes como lo eran en tiempos pasados, debido a que con el avance de la tecnología se ha podido mejorar en estas características, por lo tanto las bajas pérdidas y una baja distorsión en el pulso de luz de las fibras actuales se han convertido en dos de las principales ventajas de la transmisión de información mediante este medio.

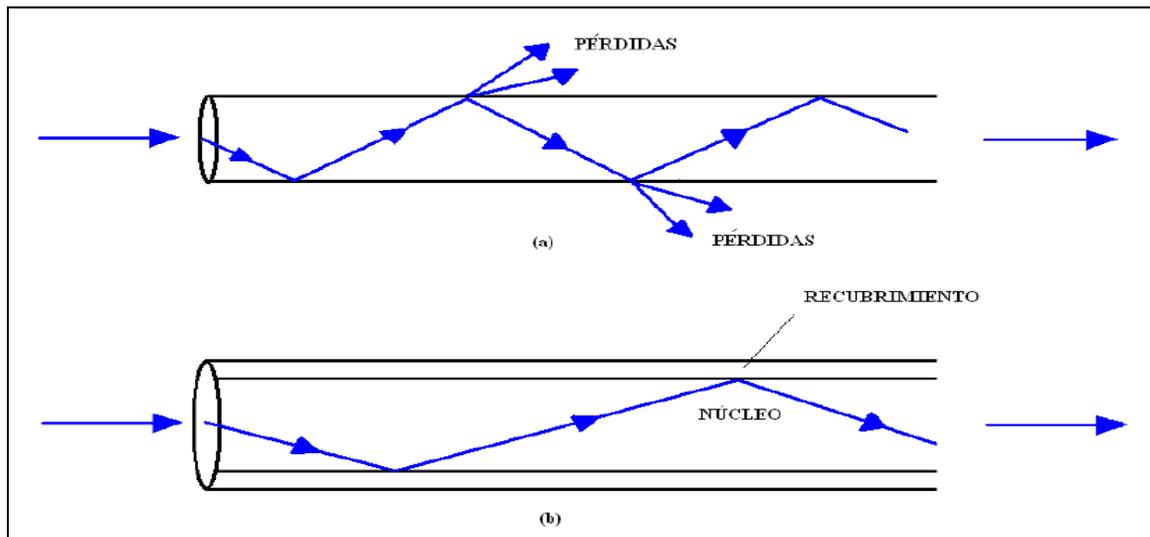


Figura 2: Guías de haz de luz en una Fibra Óptica

Fuente: (Barcenás, Herrera, & Ugalde, 2008)

Entre las ventajas del uso de la Fibra Óptica, según (Rodríguez, 2015), desde sus primeras instalaciones, en las líneas que enlazaban las grandes centrales de conmutación, la fibra se está trasladando hoy en día hasta los mismos hogares, extendiéndose su uso a un mayor abanico de aplicaciones. Este papel destacado de la fibra es debido a sus muchas propiedades favorables, entre las que merecen destacarse:

- Gran capacidad de transmisión de información (del orden de los GHz)
- Reducida atenuación de la señal óptica.
- Inmunidad frente a interferencias electromagnéticas
- Cables ópticos de pequeño diámetro, ligeros, flexibles y de vida media superior a los cables de conductores de cobre.
- Bajo costo potencial, a causa de la abundancia del material básico empleado en su fabricación (óxido de silicio).
- Las características de transmisión del haz de luz sólo varían levemente con la temperatura; Por lo que no se requiere compensación de temperatura empleada en los conductores de cobre.

- Gran seguridad: la intrusión en una Fibra Óptica es fácilmente detectable por el debilitamiento de la energía lumínica en la recepción, además, no radia nada, lo que es particularmente interesante para aplicaciones que requieren alto nivel de confidencialidad.
- Facilidad para localizar los cortes gracias a un proceso basado en la telemetría, lo que permite detectar rápidamente el lugar donde se hará la reparación de la avería, simplificando la labor de mantenimiento.

Los cables de fibra óptica normalmente utilizan uno o más elementos para formar un cable completo. Los cables más complejos tienen dos o más elementos de fibra óptica (hilos). Existen cables que contienen una gran densidad de hilos que van desde 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 hasta 144 hilos.

2.1.2 Tipos de Fibra Óptica

En cuanto a los criterios de clasificación de las fibras según el modo de propagación del haz de luz en el interior del núcleo podemos decir que se clasifican como puede observarse en la Figura 3.

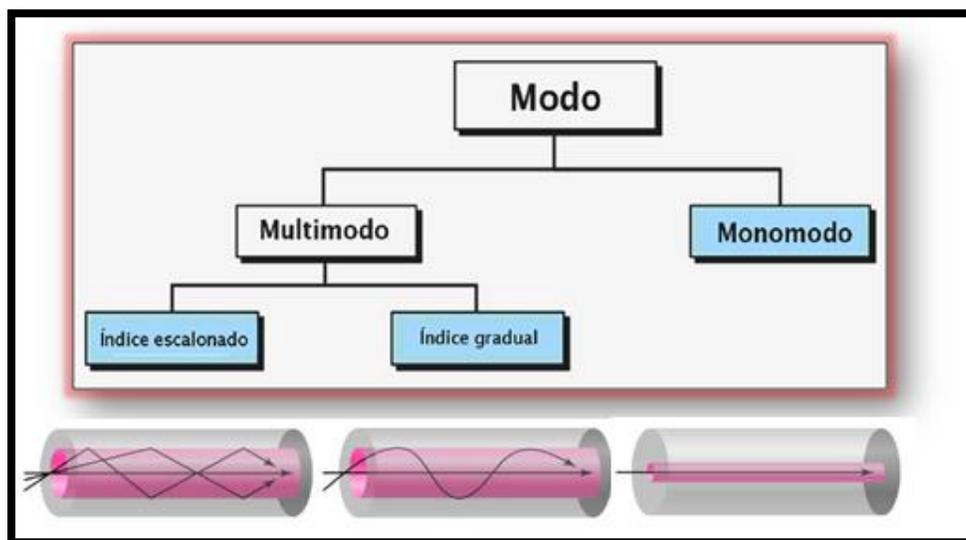


Figura 3: Guías de haz de luz en Fibra Óptica

Fuente: Lui, A (2014)

- **Fibras Monomodo :**

Las Fibras Monomodo, según Prieto Jaime (Prieto, 2014) poseen un diámetro del núcleo muy estrecho, de manera que solo permiten un modo de transmisión. Poseen una atenuación típica de entre 0,1 dB y 0,4 dB por kilómetro. El núcleo mide entre 8 μm y 10 μm , por lo que requiere un acoplamiento de la luz muy confinado y preciso. Este diámetro tan estrecho causa que el haz se propague siguiendo una trayectoria muy paralela al eje de la fibra por lo que se evita el desfase al final de la transmisión y reduce la dispersión causada.

Al disponer de un ancho de banda tan elevado, existe el problema de que no todas las longitudes de onda llegan al mismo tiempo a su destino, por lo que la dispersión cromática tiene un efecto muy considerable sobre el diseño. El elevado ancho de banda de este tipo de fibras, junto con sus bajas pérdidas y su dispersión modal inexistente, la convierten en una fibra idónea para enlaces de larga distancia. No obstante, a menudo requiere de una minuciosa instalación y mantenimiento.

- **Fibras Multimodo:**

En las Fibras Multimodo, según Prieto Jaime (Prieto, 2014) se engloban todas aquellas en las cuales el diámetro del núcleo de este tipo de fibras es amplio, por lo que es capaz de propagar varios modos de transmisión simultáneamente. Poseen una atenuación típica de entre 0,3 dB y 1 dB por kilómetro. El núcleo mide en torno a 50 μm ó 62,5 μm , por lo que el acoplamiento de la luz en sus diferentes modos es más sencillo. Debido a esto, es posible utilizar un LED como fuente emisora, así como conectores más sencillos y una instalación y mantenimiento con menos costo que la Fibra Monomodo.

En las Fibras Multimodo existen dos tipos de propagación, de índice de refracción fijo o de índice gradual. Las Fibras Multimodo de índice de refracción fijo o salto de índice, presentan un salto brusco entre el núcleo y el revestimiento que es constante entre estos elementos al transmitir información. En las de índice gradual, el núcleo posee un índice que varía decreciendo según el radio desde el eje hacia el exterior. El hecho de que transmitan varios modos simultáneamente hace que este tipo de fibras posean una dispersión particular

llamada dispersión intermodal y se produce debido a que los haces de luz recorren distancias diferentes y no llegan a su destino al mismo tiempo.

Las Fibras de índice gradual, en comparación con las de índice escalonado, poseen menos dispersión intermodal ya que los haces de luz describen direcciones onduladas, de manera que los más cercanos al eje recorren menos distancia, pero son más lentos. Una de las bondades de poseer una dispersión intermodal más baja, se basa en presentar distancias de propagación mayores que las de índice escalonado. Este tipo de fibra inicialmente fue el más utilizado debido a los problemas mecánicos que se presentaban a la hora de trabajar con las Fibras Monomodo. En este mismo orden de ideas, podemos definir que la Fibra Multimodo de acuerdo a su índice de refracción en el núcleo se clasifica de la siguiente manera:

- **Fibra con Salto de Índice (Step Index)**

En este tipo de Fibra el índice de refracción del núcleo se mantiene constante, al variar la distancia desde el centro de la fibra hacia el exterior.

- **Fibra con Variación de Índice (Graded Index)**

En este tipo de Fibra el índice de refracción del núcleo varía, al aumentar la distancia desde el centro de la fibra hacia el exterior.

Es por ello que se pueden identificar la fibra óptica mediante dos números seguidos de una sigla que indica el perfil del índice de refracción, como se muestra a continuación en la Figura 4.

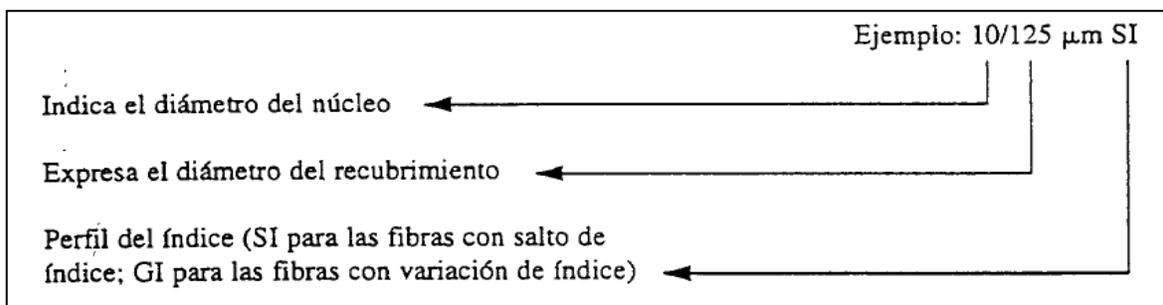


Figura 4: Identificación de una Fibra Óptica.

Fuente: Santa Cruz (2008)

2.1.3 Ventanas de Transmisión de la Fibra Óptica

La atenuación que presenta la fibra es independiente de la velocidad de transmisión a la que se esté utilizando. Es variable con la longitud de onda de luz que atraviesa la Fibra. Pasa por unos mínimos en determinadas longitudes de onda, llamadas Ventanas de transmisión, como se aprecian en la Figura 5.

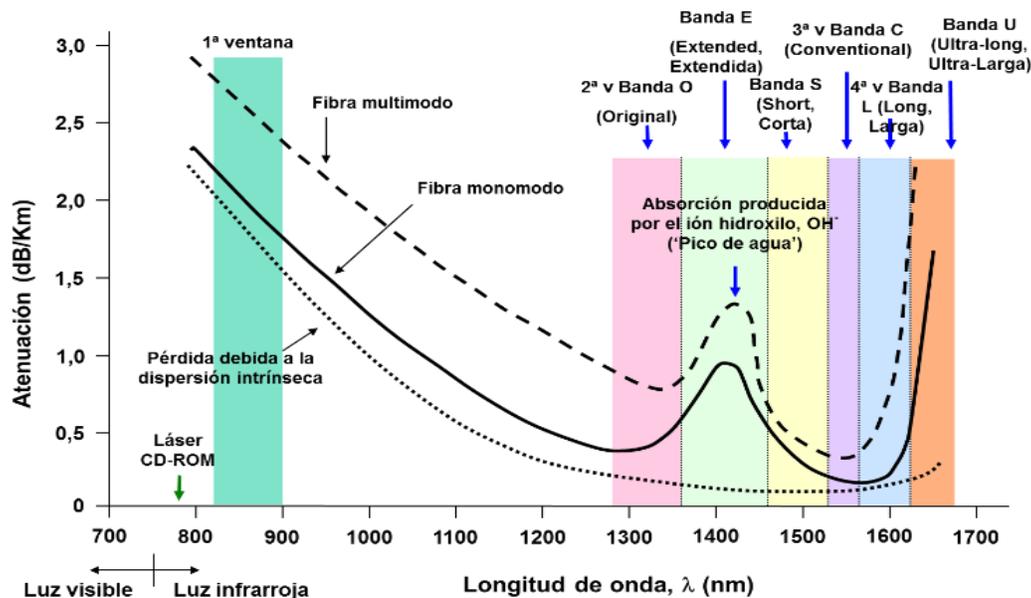


Figura 5: Ventanas Ópticas de Operación.

Fuente: (Turmero, 2017)

2.1.4 Componentes de una Red de Fibra Óptica

A continuación, se nombrarán algunos componentes presentes también en una red de Fibra Óptica:

- **Empalmes y Conectores**

Los empalmes y conectores son terminales que ofrecen flexibilidad de diseño a la red y por lo general son elementos que se encuentran al final de un hilo y se encargan de realizar conexiones entre otros elementos y equipos de Fibra Óptica. (Velasco, 2018). Al tratarse de los elementos de unión entre dispositivos, causan un gran impacto sobre el funcionamiento del sistema, introduciendo generalmente ciertas pérdidas en la señal que se transmite. La diferencia que existe entre empalmes y conectores, es que un empalme, por lo general, es una conexión permanente, mientras que los conectores son removibles. Las pérdidas por

empalme pueden ser de 0,02dB o menos, y las de conectores suelen estar en el orden de los 0,2dB. A parte de esto, el acoplamiento de la fibra a fuentes y detectores también generan pérdidas, en particular cuando tiene que ver con irregularidades en la apertura numérica o el tamaño de la Fibra Óptica siendo Monomodo o Multimodo, es por ello imprescindible seleccionar el elemento adecuado para cada caso práctico.

Para que la contribución en pérdidas por empalme al enlace sea mínima, la geometría de la unión de los dos extremos debe ser lo más precisa posible, por lo que conlleva ciertas complicaciones técnicas o factores extrínsecos, como se describen a continuación:

- Los núcleos de las fibras pueden adquirir irregularidades durante el proceso de corte, extracción o fabricación.
- Los núcleos se pueden desalinearse en el momento de la unión, por lo que dejan de compartir la centralidad.
- Hay que evitar cambios en los índices de refracción de las fibras y las separaciones longitudinales o angulares, etc.

En la Figura 6 se puede observar a detalle cada problema que se presenta en la fibra de acuerdo a su fabricación o mala colocación de los conectores.

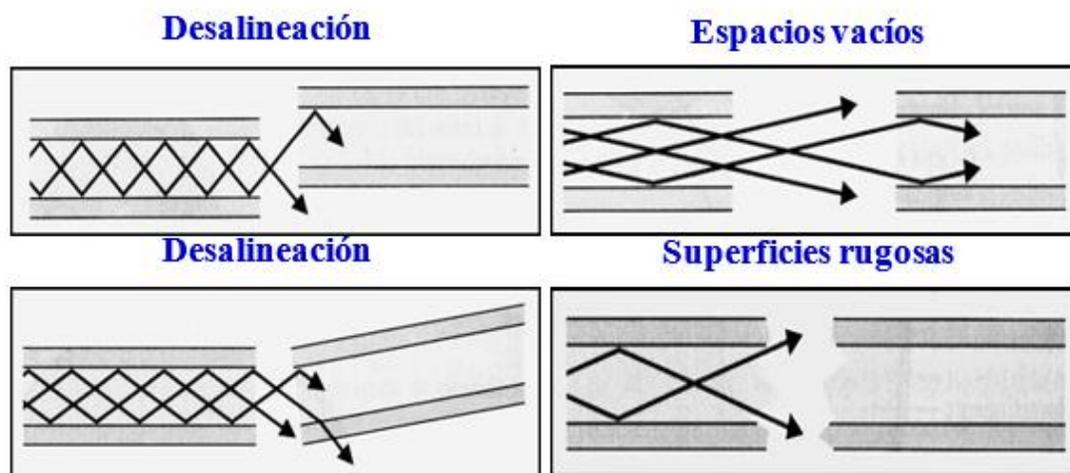


Figura 6: Complicaciones Técnicas de la Fibra Óptica.

Fuente: (Heath, 2018)

Es por ello, que existen diversas técnicas de empalmes de fibra óptica, que intentan optimizar la unión física entre fibras, intentando reducir al mínimo los efectos descritos anteriormente ya sea mecánicamente o por fusión. Las técnicas de empalmes ópticos más importantes son el empalme por fusión o el empalme mecánico.

En cuanto a las pérdidas nominales, son del orden de 0,1 dB para la soldadura por fusión, mientras que para la unión mecánica son del orden de 0,036 dB.

Los conectores ópticos, son elementos mecánicos que se instalan en los extremos de las fibras ópticas con el propósito de facilitar las uniones practicables entre fibras o bien de estas a los equipos terminales, tienen la particularidad a diferencia de los empalmes que pueden acoplarse o desacoplarse sin ningún tipo de repercusión permanente.

Los principales tipos de conectores se describen en la Tabla 1.

Tabla 1: Tipos Conectores de Fibra Óptica

Conector	Características	Parámetros	Imagen / Norma
SC (Conector Estándar)	Alinean las fibras con precisión ya que funcionan con un sistema push y pull. Se utilizan para monomodo y multimodo.	La férula mide 2,5mm. Tienen una pérdida de inserción (IL) promedio de 0.25dB. Soportan 1000 ciclos de conexión y desconexión.	 FOCIS-3: TIA-604-3.
LC (Conector Lucent)	Es extensamente utilizado en aplicaciones monomodo, ya que tiene un excelente rendimiento y puede ser terminado de manera sencilla. Utilizan un mecanismo de push y pull.	La férula es de 1.25mm Tienen una pérdida de IL de 0.10dB	 FOCIS-3: TIA-604-10.
ST (Straight Tip)	Es el más utilizado en los sistemas de redes, se mantiene con un sistema de anclaje por bayoneta. Puede ser conectado y desconectado de manera fácil debido a su flexibilidad	Tiene una IL de 0.25dB. Su férula es de 2.5mm. Soportar hasta 500 ciclos.	 FOCIS-3: TIA-604-2
FC (Ferrule Connector)	Están disponibles para fibra multimodo y monomodo. Su principal uso es en entornos de alta vibración debido a su sistema de rosca.	La férula es de 2.5mm, Tiene IL de 0,3dB.	 FOCIS-3: TIA-604-2

Fuente: (TIA-604.x, 2017)

- **El divisor Óptico (Splitter)**

Los splitters son divisores ópticos, es decir, dispositivos de ramificación óptica bidireccional, que distribuyen las señales punto a multipunto, como se puede observar en la Figura 7. Estos elementos se consideran pasivos, debido a que no necesitan una fuente de energía externa para realizar el proceso, salvo el haz de luz incidente. Debido a que multiplexan y demultiplexan la señal, también confinan y dividen la potencia, en partes iguales, que se expresa normalmente en dB.



Figura 7: Splitter para una Fibra Óptica.

Fuente: (Anvimur, 2018)

Es conveniente acotar, que la señal óptica descendente de entrada se divide en partes iguales en cascada o ramificaciones, por ejemplo, un divisor 1x2 solo tiene 2 ramificaciones o una división que soporta una pérdida de 3 dB (50% de luz en cada ruta), en un divisor 1x4 se agregan otras dos ramificaciones a cada ruta de la división 1x2 original, añadiendo otros 3dB; estos valores de pérdidas por división no incluyen pérdidas adicionales debidas a conexiones e imperfecciones.

En la Tabla 2 de acuerdo a la ITU-T G.984.2 (ITU-T, 2012) se observan las pérdidas de divisor dadas, producto de la distribución de potencia y las pérdidas por inserción, que

incluyen las demás pérdidas adicionales, las cuales son las utilizadas en los diseños de redes de la familia PON.

Tabla 2: Pérdidas de Divisor e Inserción de Splitter

Numero de Puertos	Pérdidas de divisor (dB)	Pérdidas por inserción (dB)
2	3	3,8
4	6	7,2
8	9	10,3
16	12	13,8
32	15	17,5

Fuente: (ITU-T G.984.2, 2012)

- **Amplificadores**

Según Jaime Prieto (Prieto, 2014) un Amplificador Óptico es un dispositivo que amplifica una señal óptica directamente, para así evitar la necesidad de convertir la señal al dominio eléctrico, amplificar en eléctrico y volver a pasar a óptico. Los amplificadores son necesarios en las redes ópticas para compensar la atenuación de la fibra que, si bien es muy reducida en comparación con las redes de cobre, no lo es lo suficiente como para obviar la necesidad de amplificar la señal en enlaces de muy larga distancia. Existen diferentes mecanismos físicos que pueden ser utilizados para amplificar una señal de luz, a los que corresponden un gran número de amplificadores ópticos. De todos estos dispositivos, los más habituales son los Amplificadores de Fibra Dopada con Erblio (EDFA), como se observa en la Figura 8, consisten en un tramo de decenas de metros de fibra óptica dopada con el ion trivalente de Erblio, que permite obtener ganancias de hasta 30dBm y potencia de saturación de +15dBm.

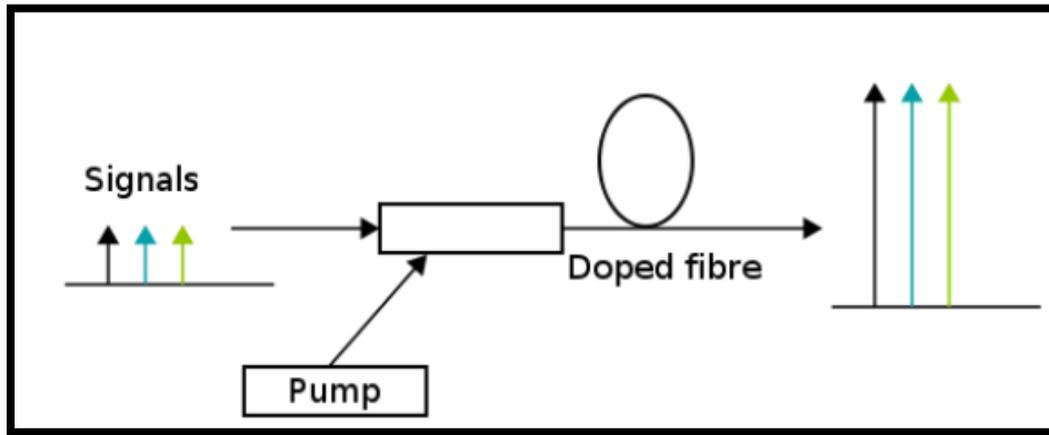


Figura 8: Esquema interno de un amplificador EDFA.

Fuente: (Prieto, 2014)

- **Cajas de empalme**

A lo largo del recorrido de la red, la fibra estará sometida a división, multiplexaciones y demás operaciones que hacen uso de empalmes y conectores, debido esto es necesaria eliminar el revestimiento primario y dejar al descubierto el cladding, generando vulnerabilidad ante tensiones o perturbaciones del exterior al segmento de fibra descubierto. Como se observa en la Figura 9 para salvaguardar este inconveniente se instalan cajas de empalme, que proporcionan un medio de protección contra las inclemencias del entorno al segmento de fibra que contiene empalmes o conexiones.

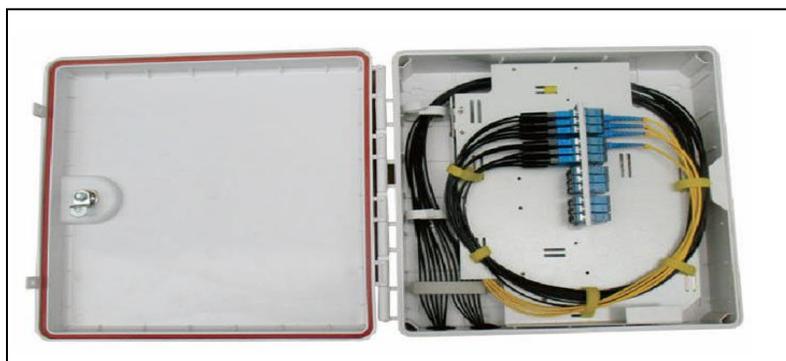


Figura 9: Caja de empalme para Fibra Óptica

Fuente:(Fibreopticbox, 2019)

Un aspecto particular del uso de estas cajas, es la necesidad de acomodar un largo adicional de fibra para futuras reparaciones en el interior de la caja. Existen en el mercado,

cajas lineales, en las cuales los cables entran por ambos extremos, y cajas plegadas, en donde los extremos de los cables entran por el mismo lado de la caja.

- **Transmisores Ópticos**

Al inicio de la red óptica, según Prieto (2014), se encuentra el dispositivo transmisor que emite la señal óptica (generalmente un láser) en la red. Este dispositivo transmite a todos los usuarios y enlaza la red con el exterior. Para ello convierte una señal eléctrica de entrada (información) en una señal óptica, conduciéndola hacia la fibra óptica. También realiza otras funciones derivadas, como multiplexar las señales previas a transmitir o regular el tráfico de la red.

En infraestructuras de redes de gran dimensionado, el transmisor óptico normalmente opera junto a otros dispositivos que pueden variar en función de la finalidad de la red. Tales dispositivos no deben ser necesariamente de fibra óptica, ya que depende de las necesidades del Administrador de red, para de esta manera ofrecer un servicio adecuado a los clientes.

En la Figura 10 se observa un modelo básico de Transmisor Óptico.



Figura 10: Transmisor óptico

Fuente: (TELESTAR DEL NORTE, 2018)

- **Receptores Ópticos**

En el otro extremo de la red o lugar del usuario se encuentra el receptor óptico. De acuerdo a Jaime Prieto (Prieto, 2014), un Receptor Óptico es capaz de hacer llegar la señal óptica al destinatario de la misma, y convertirla en señal eléctrica para su procesamiento; El dispositivo que permite esta conversión opto-eléctrica es el fotodiodo. Básicamente, el fotodetector no es más que una unión p-n de semiconductor polarizada en inversa que basa su funcionamiento en el fenómeno de absorción estimulada, es decir, el fotodetector produce una corriente eléctrica (genera un par electrón – hueco) cuando sobre la estructura incide luz (fotones).

En la Figura 11 se puede observar el receptor óptico, el cual corresponde al enlace final, es decir al usuario.



Figura 11: Receptor óptico

Fuente: (SFOT, 2019)

2.2. Redes de Acceso de Fibra Óptica

La red de acceso de Fibra Óptica, se define como un conjunto de equipos e instalaciones que conectan los elementos terminales de la red de transporte con los terminales de los usuarios, se distinguen las partes siguientes: Terminal de Línea, Red de distribución de Fibra Óptica, Terminal de Red Óptica y acometida. La topología que contemplan las redes de acceso de fibra óptica se clasifica de acuerdo a su cercanía al abonado o usuario, o según el empleo de elementos activos y/o pasivos en ella. Las primera, hace referencia al medio de transporte en el acceso a la última milla pudiendo ser éste, cobre, Fibra Óptica, o ambos; en

Redes de Fibra Óptica se utilizan las variedades de la familia FTTX, dicha distribución puede observarse en la Figura 12, dimensionada con la tecnología GPON de acuerdo a la normativa internacional; Mientras que la segunda, hace referencia a los elementos que conforman la red pudiendo ser estos últimos, elementos activos o pasivos, denominándose redes activas y redes pasivas, respectivamente.

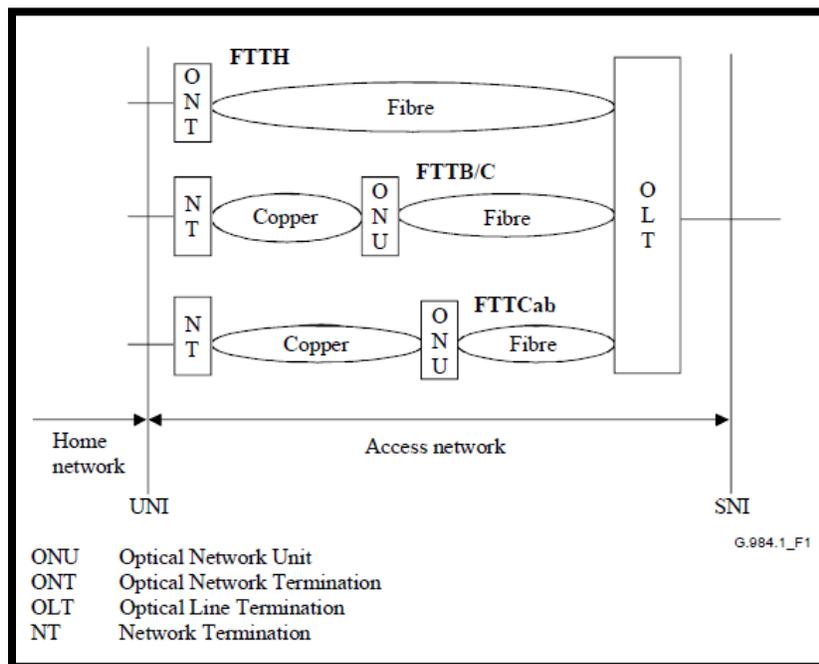


Figura 12: Arquitectura de red de acuerdo a la cercanía con el abonado de redes con tecnología GPON

Fuente: (Recomendación UIT-T G.984.2)

2.3. Tipos de Redes FTTx

El acrónimo FTTx es un término general para designar cualquier acceso de banda ancha sobre Fibra Óptica, siendo x el destino donde está desplegada la Fibra Óptica, que sustituya total o parcialmente el cobre del cableado que se extiende entre la central y las dependencias del usuario, se origina como generalización de las distintas configuraciones desplegadas (FTTB, FTTP, FTTN, FTTC, FTTA, FTTO...), diferenciándose por la última letra que denota los distintos destinos de la Fibra. (Acosta, 2012), como se indican a continuación:

- FTTH (Fiber to the home o fibra hasta la casa u hogar)
- FTTB (Fiber to the building o fibra hasta la acometida del edificio)
- FTTP (Fiber to the premises o fibra óptica incluye tanto viviendas como pequeños negocios).
- FTTN (Fiber to the node o fibra hasta el nodo).
- FTTC (Fiber to the cabinet o fibra hasta la cabina).
- FTTA (Fiber to the antenna o fibra hasta la antena).
- FTTO (Fiber to the office o Fibra hasta la oficina).

En conclusión, las Arquitecturas FTTx varían dependiendo de la distancia entre el usuario final y la Fibra Óptica.

Conocida como Fibra hasta el hogar, el FTTH, se basa en la utilización de cables de Fibra Óptica y Sistemas de Distribución Ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzados, como el Triple Play: telefonía, Internet de banda ancha y televisión, a los hogares y negocios de los abonados. Según la Recomendación UIT-T G.984.1 los escenarios utilizados, se dividen de acuerdo a los servicios que prestan, como se explican a continuación:

- Servicios de banda ancha asimétricos, como servicios por difusión digitales, descarga de archivos, entre otros.
- Servicios de banda ancha simétricos, como e-mail, telemedicina, estudios a distancia.
- POTS y RDSI. Donde las redes de acceso deben proveer de una manera más simple, sincronismo para servicios de telefonía de banda angosta.

A fin de posibilitar el acceso a servicios de gran ancho de banda a usuarios localizados a distancias tales que no es posible brindarlos con tecnologías xDSL (Redes de acceso por par

de cobre) por sus limitaciones técnicas en cuantos a sus condiciones de funcionamiento, o que para ello se deben acercar los nodos xDSL a la zona a servir (es decir un modelo FTTC), en este caso se tornan atractivas las tecnologías de acceso mediante Fibra Óptica hasta el domicilio del cliente, es decir FTTH. En este sentido existen diversas tecnologías disponibles y topologías implementables a fin de realizar un despliegue de acceso mediante fibra hasta el hogar.

2.4. Redes Ópticas Pasivas (PON)

Las Redes de Fibra Óptica con elementos activos en ella (fuera de la central), se denominan red activa, en la cual se utilizan elementos activos que requieren energía para su alimentación y permiten largas distancias entre la sala de equipos y los abonados, como en el caso de SDH (Synchronous Digital Hierarchy o redes de jerarquía digital síncrona).

Estas redes principalmente son basadas en el estándar IEEE.802.ah y se caracterizan por proveer ancho de banda simétrico con velocidades superiores a 1Gbps por puerto sobre una única fibra, utilizando dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas sobre cada fibra óptica, partiendo de esto, con cada longitud de onda se tienen dos slot para el intercambio de información, uno como canal de transmisión y otro para el canal de recepción, lo que permite una transmisión de datos full dúplex mediante una conexión punto a punto con un ancho de banda dedicado al usuario.

La Fibra Óptica es el único medio de transmisión capaz de soportar altas velocidades de transmisión sobre extensas distancias con calidad de servicio, jugando de esta manera un papel esencial y convirtiéndose en la solución tecnológica adecuada para dar un paso al futuro próximo de las telecomunicaciones. Las redes ópticas pasivas PON (Passive Optical Networks) son redes ópticas punto-multipunto en la que no existen elementos activos entre las instalaciones del operador (Optical Line Terminal - Unidad Óptica Terminal de Línea) también denominado OLT y el equipo terminal de usuario (Optical Network Unit - Unidad de Red Óptica) también denominada ONU

Las redes PON típicas están conformadas por:

- Un Terminal de Línea Óptico (Optical Line Terminal) OLT ubicado en la central, constituye la parte principal de la red Óptica.
- Elementos pasivos de ramificación óptica, denominados Splitter o ODN (Optical Distribution Network)
- Terminales de Red Ópticos (Optical Network Terminals) ONTs, los cuales se encuentran al extremo de la red para los usuarios finales y presentan las interfaces para la conexión de varios servicios como es en este caso del Internet.

En la Figura 13 se esquematiza una posible arquitectura de una red PON genérica.

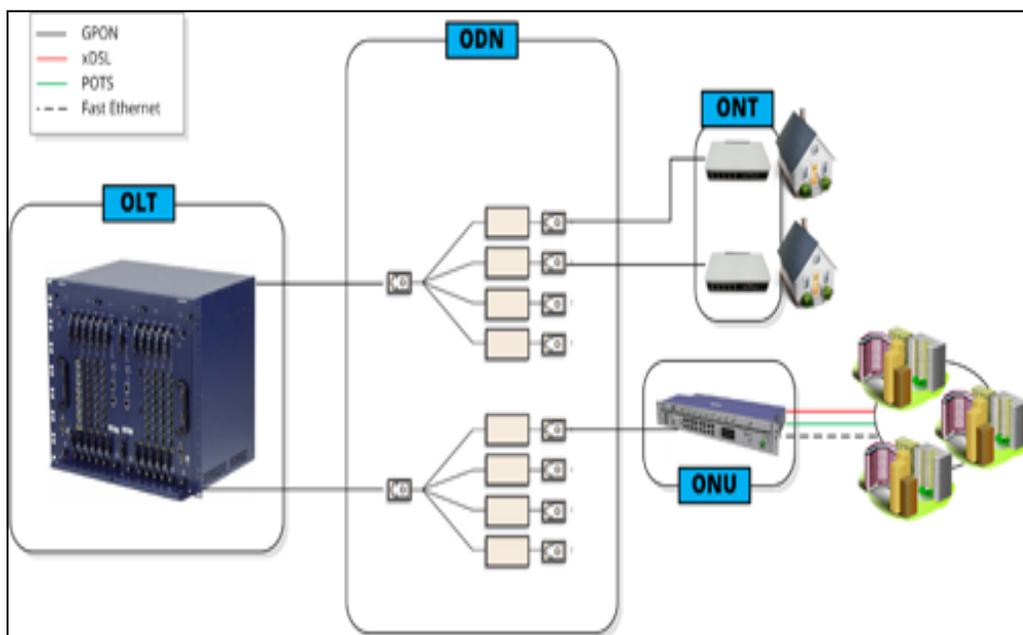


Figura 13: Arquitectura de una red PON genérica

Fuente: (Globenetcorp, 2018)

En canal descendente una PON es una red punto multipunto. El equipo OLT (Optical Line Terminal) maneja la totalidad del ancho de banda que se reparte a los usuarios en intervalos temporales. En canal ascendente la PON es una red punto a punto donde múltiples ONUs (Optical Network Unit) transmiten a un único OLT. Trabajando sobre una sola fibra, la manera de optimizar las transmisiones de los sentidos descendente y ascendente sin entremezclarse consiste en trabajar sobre diferentes longitudes de onda. (Acosta, 2012).

La Arquitectura PON realiza el procedimiento de la multiplexación en el tiempo que se le denomina (TDM), lo que consiste en enviar la información en diferentes slots de tiempo, el encargado de realizar esta función es la OLT, para que de esta manera los equipos terminales ONTs que se encuentran en el extremo de los usuarios puedan enviar su información en canal descendente. De la misma manera este proceso utiliza TDMA para que cada ONTs sincronizada pueda transmitir los paquetes o información en diferentes tiempos, los cuales se encuentran controlados por la OLT.

En la Figura 14 se aprecia el tráfico descendente y ascendente que realiza la OLT y las ONTs en la transmisión de información.

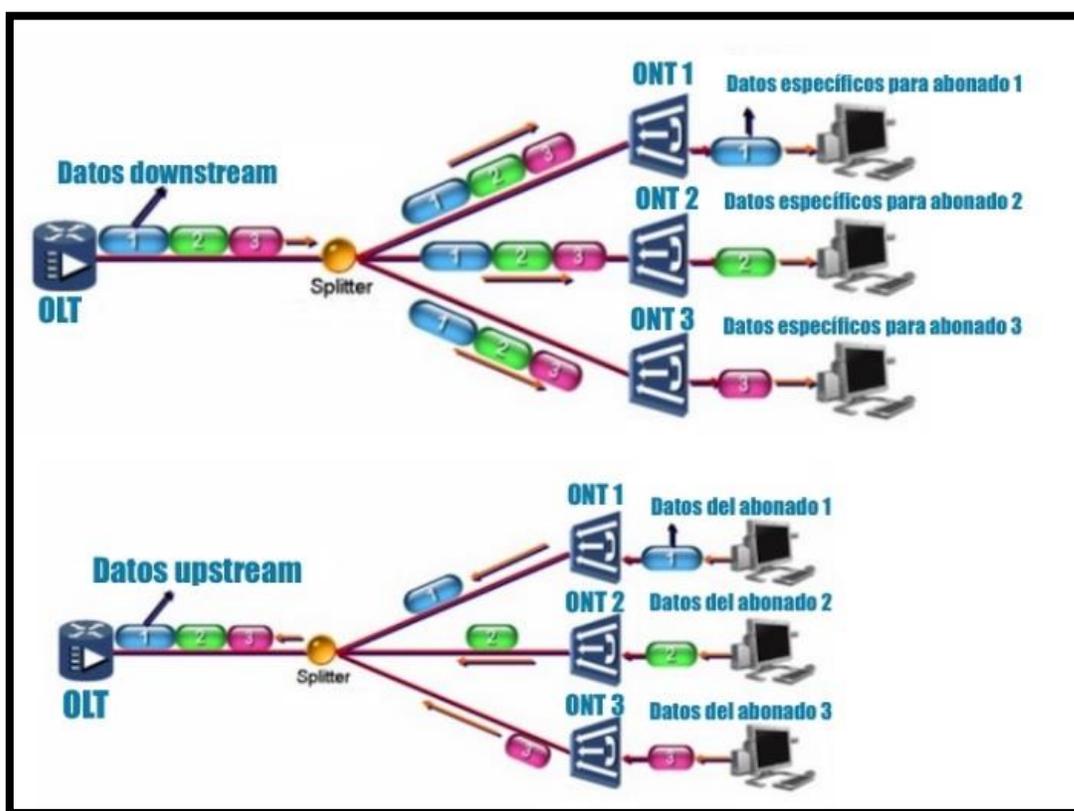


Figura 14: Tráfico de Canales Descendente y Ascendente

Fuente: (Josan, 2017)

Las redes PON, tomaron una gran acogida por el mercado de las telecomunicaciones debido a que las tecnologías usadas actualmente como son xDSL, el cual consiste en la distribución física en su totalidad de cobre, Híbrido de Fibra Coaxial o HFC, entre otras, no

soportan los nuevos requerimientos y servicios de los usuarios en las redes de convergencia. Por lo tanto para poder satisfacer todos los requerimientos de los usuarios es conveniente la utilización de las redes PON, debido a que ofrecen un gran ancho de banda en la transmisión de la información, convirtiéndose entonces en la actualidad como el medio más óptimo para futuras prestaciones de servicios.

Las redes ópticas pasivas es la tecnología que se encuentra en el extremo del usuario y la oficina central. Las redes PON se diferencian en las capacidades y el tipo de aplicación que se utiliza, según las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y las normas de la IEEE, se tienen:

- **APON** (ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network):

Fue la primera red que definió la FSAN (Full Service Access Network), grupo formado por 7 operadores de telecomunicaciones con el objetivo de unificar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas. Su transmisión en el canal descendente está compuesta por ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrono), la desventaja de éste estándar definido por la UIT-T G.983 es que carecía de soporte a servicios de video, partiendo de velocidades máximas de 155 Mbps, repartidas entre todas las unidades de redes ópticas (ONUs) hasta que logró velocidades de 622 Mbps.

- **BPON** (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha):

Se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbps fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para obtener velocidades de línea nominales (hacia el destino/hacia el origen). De acuerdo a la Recomendación UIT-T G.983.1-200501, se tienen:

- 155,52Mbps / 155,52Mbps
- 622,08Mbps / 155,52Mbps
- 622,08Mbps / 622,08Mbps
- 1244,16Mbps / 155,52Mbps
- 1244,16Mbps / 622,08Mbps

Para la transmisión bidireccional se utiliza la técnica de multiplexación por división en longitud de onda (WDM, wavelength division multiplexing) con longitudes de onda en la región de 1310nm y en la región de 1550nm, en una sola fibra, o en dos fibras unidireccionales con longitudes de onda en la región de 1310nm. La transmisión hacia el destino en sistemas de una sola fibra será 1480-1580nm, y para dos fibras hacia el destino será 1260-1360nm. En relación a la transmisión hacia el origen será 1260-1360nm.

- **GPON (Gigabit PON):**

Está basada en BPON en cuanto a su arquitectura, sus características están referenciadas en la UIT-T G.984.1, entre las cuales se aprecian:

- Soporte global multiservicio: voz, Ethernet 10/100, ATM.
- Cobertura hasta 20 km.
- Seguridad a nivel de protocolo.
- Soporte de tasas de transferencia:
- Simétrico: 622 Mbps y 1.25 Gbps.
- Asimétrico: descendente de 2.5 Gbps y ascendente de 1.25 Gbps

- **EPON (Ethernet PON):**

Especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile - Ethernet en la primera milla) constituido por la IEEE y descrito en la norma IEEE 802.3.ah, para aprovechar las características de la tecnología de fibra óptica y las redes pasivas y aplicarlas a Ethernet, la arquitectura de una red EPON se basa en el transporte de tráfico Ethernet manteniendo las características de la especificación 802.3. Las ventajas que presenta son:

- Trabaja directamente a velocidades de gigabit (que se tiene que dividir entre el número de usuarios).
- La interconexión de islas EPON es más simple.

- La reducción de los costos debido a que no utilizan elementos ATM y SDH (Synchronous Digital Hierarchy), sino que se transmiten tramas Ethernet puras.
- **10G-EPON:**

Desarrollado por el IEEE, bajo la recomendación IEEE 802.3av, fue aprobado en septiembre del 2009, especifica el acceso EPON con un ancho de banda simétrico de 10 Gbps o asimétrico de 10 Gbps de bajada y 1,25 Gbps de subida, compatible con 1G-EPON.

- **XG PON**

Es un estándar que contempla un acceso sobre redes PON a 10 Gpbs, presentado en la recomendación UIT-T G.987, el cual especifica un acceso asimétrico XG PON1 con 10 Gpbs de bajada y 2,5 Gbps de subida y un acceso simétrico XG PON2 de 10 Gbps. Presenta la bondad que sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva (como GPON), con arquitectura tanto punto a punto como punto a multipunto.

- **NG-PON2**

Es el primer estándar de la industria basado en redes ópticas pasivas que usa múltiples longitudes de onda en cada sentido y es compatible con redes ópticas de distribución basadas en divisores de potencia, y definido con la finalidad de habilitar redes de acceso fijo mediante configuraciones TWDM. Este nuevo estándar de la UIT-T G.989 es retrocompatible con los anteriores en muchos aspectos para poder asegurar la reutilización y convivencia con los sistemas PON heredados.

2.5. GPON

La búsqueda de nuevas tecnologías que puedan soportar gran ancho de banda y altas velocidades de transmisión está en constante investigación, las redes ópticas pasivas son ideales para soportar las características mencionadas ya que utilizan como medio a transmisión a la Fibra Óptica. Mediante técnicas de multiplexación se pueden enviar y recibir datos a través de diferentes longitudes de onda por el mismo hilo de fibra óptica sin que haya

colisiones para ofrecer servicios como televisión, telefonía e Internet por el mismo hilo de Fibra Óptica. (Samaniego & Figueroa, 2016).

GPON ofrece escalabilidad y flexibilidad en los servicios que hoy por hoy son de gran auge para los usuarios, entre los cuales se destaca el Internet, Tv Cable y Telefonía, los cuales mediante diferentes longitudes de onda pueden transportarse sin ningún problema a cada extremo de la red, permitiendo reducir la gran cantidad de cables en el tendido aéreo, ya que con una sola fibra se logra la transmisión de esta tecnología.

2.5.1. Análisis de la Tecnología GPON

Con los años, según Frenzel (2014) se han desarrollado varios estándares PON. A finales de la década de 1990, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) creó el estándar APON, que utilizaba el modo de transferencia asincrónico (ATM) para la transmisión de paquetes de larga distancia. Como ATM ya no se usa, se creó una versión más nueva llamada banda ancha PON o BPON. Designado como ITU-T G.983, este estándar proporcionaba 622 Mbps en sentido descendente y 155 Mbps en sentido ascendente.

BPON aún se puede usar en algunos sistemas, la mayoría de las redes actuales usan GPON (o Gigabit PON). El estándar ITU-T es G.984. Ofrece 2.488 Gb/s en sentido descendente y 1.244 Gb/s en sentido ascendente. GPON utiliza la multiplexación por división de longitud de onda óptica (WDM), por lo que se puede utilizar una sola fibra para los datos de subida y de bajada. Un láser en una longitud de onda (λ) de 1490 nm transmite datos de descarga (descendente). Los datos ascendentes se transmiten en una longitud de onda de 1310 nm. Si se está distribuyendo TV, se utiliza una longitud de onda de 1550 nm. (Frenzel, 2014).

Cada ONU obtiene la velocidad total de 2.488 Gb/s, GPON utiliza un formato de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) para asignar un intervalo de tiempo específico a cada usuario. Esto divide el ancho de banda para que cada usuario obtenga una fracción de 100 Mb/s, dependiendo de cómo el proveedor del servicio lo asigne. La velocidad en sentido ascendente es menor que el máximo porque se comparte con otras ONU en un esquema TDMA (Time Division Multiple Access). El OLT determina la distancia y el tiempo de

demora de cada suscriptor. Luego, el software proporciona una forma de asignar espacios de tiempo a los datos ascendentes para cada usuario.

La división típica de una sola fibra es 1:32 o 1:64. Eso significa que cada fibra puede servir hasta 32 o 64 suscriptores. Proporciones de división de hasta 1: 128 son posibles en algunos sistemas según Frenzel (2014). En cuanto al formato de datos, los paquetes GPON pueden manejar paquetes ATM directamente. Recuerde que ATM empaqueta todo en paquetes de 53 bytes con 48 para datos y 5 para gastos generales. GPON también usa un método de encapsulación genérico para transportar otros protocolos. Puede encapsular Ethernet, IP, TCP, UDP, T1 / E1, video, VoIP u otros protocolos según lo solicitado por la transmisión de datos. El tamaño mínimo del paquete es de 53 bytes, y el máximo es de 1518. El cifrado AES solo se utiliza en sentido descendente, según (Frenzel, 2014).

La última versión de GPON es una versión de 10 Gigabit llamada XGPON o 10G-PON. A medida que ha aumentado la demanda de servicios de televisión de video y superiores (OTT), existe una necesidad creciente de aumentar las tasas de línea para manejar los datos masivos de video de alta definición. XGPON sirve para este propósito. El estándar ITU es G.987. La velocidad máxima de XGPON es de 10 Gb/s (9.95328) en sentido descendente y de 2.5 Gb/s (2.48832) en sentido ascendente. Se utilizan diferentes longitudes de onda WDM, 1577 nm en sentido descendente y 1270 nm en sentido ascendente. Esto permite que el servicio de 10 Gb/s coexista en la misma fibra con GPON estándar. La división óptica es 1: 128, y el formato de datos es el mismo que GPON. El alcance máximo sigue siendo de 20 km. XGPON todavía no se ha implementado ampliamente, pero ofrece una excelente ruta de actualización para proveedores de servicios y clientes. En la Figura 15 observamos una red GPON.

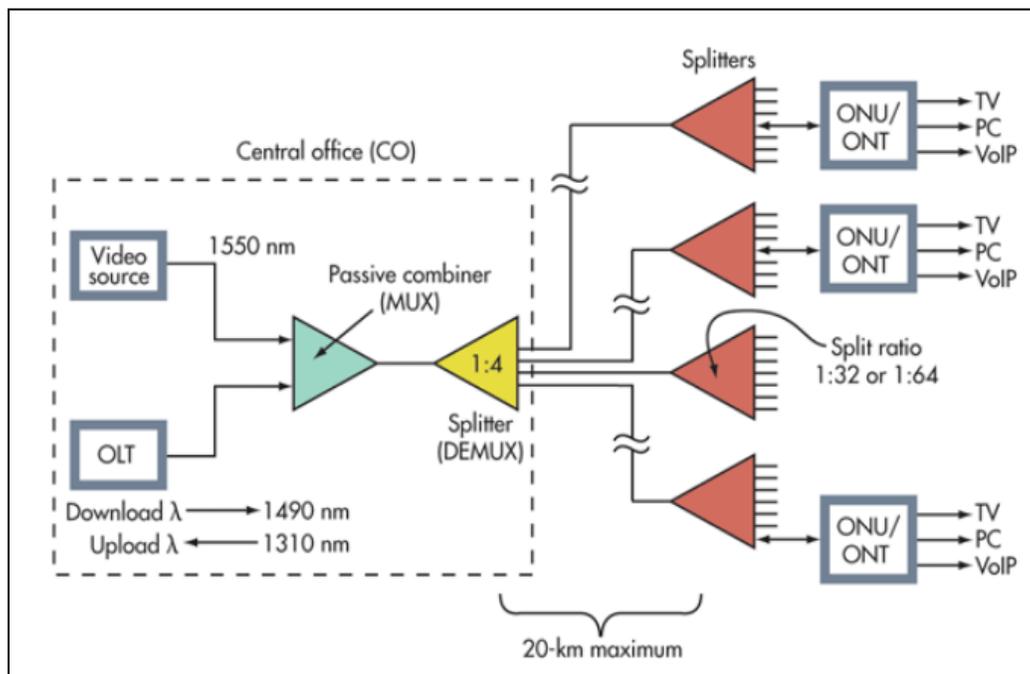


Figura 15: Red GPON

Fuente: Frenzel (2014)

La mayoría de los PON se configura como una red GPON básica, la cual consiste en establecer el equipo principal OLT y los equipos de distribución como los ODF, así como también los equipos finales de los usuarios ONT. La cantidad de divisores ópticos o los niveles de splitteo que requiera va a depender del proveedor y de la normativa que trabaja la tecnología GPON, los casos más óptimos son los de división es de hasta 1:64, pero estableciendo ciertas características del equipo principal OLT, puede soportar hasta 1:128.

Tecnología EPON (Ethernet Passive Optical Networks)

Para la Tecnología EPON se encuentra radicada por el estándar 802.3ah que fue aprobado desde el 2004, el cual, fue desarrollado por el grupo de estudio EFM (Ethernet in the First Mile) del IEEE con el objetivo de habilitar Ethernet sobre redes de acceso con Fibra Óptica a una velocidad de transmisión simétrica de 1 Gbps y un alcance máximo de 20 km desde el OLT (ubicado en la central) hasta el ONT (ubicado en el usuario). (Toapanta, 2018)

EPON es una tecnología que es totalmente compatible con otros estándares de Ethernet, por lo que no es necesaria ninguna conversión o encapsulamiento opto eléctrico o viceversa cuando existan redes basadas en Ethernet en cualquier extremo, de la red principal a cualquier usuario. La trama Ethernet utiliza una carga útil de hasta 1518 bytes, de la misma manera que se ha venido trabajando en otras topologías IP (Internet Protocol). EPON no utiliza el método de acceso CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection o, en español, acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones) utilizado en otras versiones de Ethernet, ya que utiliza TDMA, estableciendo que los datos de transmisión se realicen más rápidos y no existan colisiones como normalmente se daban en las otras versiones de Ethernet.

Mercado de las Redes GPON y EPON en el Mundo.

La penetración a gran escala de los teléfonos inteligentes y el crecimiento exponencial en el número de usuarios domésticos de Internet son los principales impulsores del crecimiento. También se espera que la transferencia de los proveedores de la red a los servicios FTTH (Fiber-To-The-Home) genere una demanda de PON. Las aplicaciones FTTH están en aumento debido a la introducción de servicios de alta velocidad y transmisión de videos para un mayor ancho de banda. PON actúa como una tecnología rentable para el despliegue de FTTH. El aumento en el uso de servicios intensivos de datos (videoconferencia, Protocolo de voz sobre Internet (VoIP)), tendrá un efecto favorable en la demanda del mercado durante el período de pronóstico. Sin embargo, las estrictas regulaciones gubernamentales, junto con los altos costos de instalación y operación, podrían ser un desafío. (Thoras, 2016).

El Mercado de las redes PON cada año continúan creciendo con mayor proporción, sobre todo en países con gran desarrollo tecnológico, como Japón, Estados Unidos y en países de gran proporción de Europa. Las redes PON con mayor auge en la población se clasifican en dos tipos como son: EPON y GPON, las cuales a su vez, la red óptica EPON tienen mayor presencia en los Continentes de Asia y Oceanía, mientras que la red óptica GPON lidera en las regiones del Continente Americano y Europeo.

De los dos productos principales, el segmento GPON tuvo la mayor participación de mercado en 2017, contribuyendo a alrededor del 85% del mercado. Se espera que la participación de mercado de este producto disminuya en casi un 20% para 2022. Sin embargo, este segmento dominará el mercado global durante todo el período de pronóstico. Las Américas tuvieron la mayor participación en el mercado en 2017, representando más del 44% de las acciones. Las Américas dominaron el mercado debido a la alta adopción de PON en los EE. UU. (Technavio, 2018).

Comparación entre GPON Y EPON

El Mercado de la Red Óptica Pasiva Global (PON) está preparado para crecer con fuerza durante el período de pronóstico 2017 a 2027. Algunas de las tendencias destacadas que está presenciando el mercado incluyen la demanda de un funcionamiento seguro y confiable de la red, la creciente necesidad de un mayor ancho de banda y una mejor capacidad de transmisión de la red de telecomunicaciones. (Wood, 2018)

Para la selección de una infraestructura en referencia a la última milla ha sido una controversia para las empresas de las telecomunicaciones, especialmente si manejan redes de video, voz y datos. Por lo tanto escoger una de las tecnologías tanto GPON como EPON ha sido una controversia, de tal manera que se debe establecer indicadores como, escalabilidad, confort con los usuarios, futuras prestaciones de servicios, entre otros. Se debe recalcar que uno de los factores determinantes para las empresas de prestación de servicios es el costo que se requiera en cada una de las tecnologías, para lo cual se debe analizar la inversión inicial, ingresos de servicios y sobre todo escalabilidad de red al presentarse nuevas aplicaciones y demandas por los usuarios. Para la tecnología GPON tiene redes complejas de la capa 2 en estructura de árbol, basadas en el protocolo ATM y múltiples protocolos que hacen posible soportar la estructura de la tecnología. EPON por el contrario utiliza simples redes de capa 2 como lo es el protocolo IP para datos, voz y video.

Finalmente para elegir entre las 2 tecnologías PON, es necesario analizar en términos de productividad, seguridad, eficiencia, alcance, ancho de banda, costo por usuario,

administración, entre otras, A continuación en la Tabla 3 presentamos un resumen de las principales características de las redes GPON y EPON.

Tabla 3: Principales Características de las Redes GPON y EPON

CARACTERÍSTICAS	ITU-T GPON	IEEE EPON
Tasa de bits (Mb/s)	Downstream: 2488 Upstream: 1244	Downstream: 1250 Upstream: 1250
Fecha de Estandarización	2003	2004
Código de línea	NRZ	8B/10B
División máxima	1:64	1:32
Alcance máximo	20 km-60 km	20 km
Protocolo básico	ATM	Ethernet
Estándar	Serie ITU-T G984.x	IEEE 802.3ah
Tecnología de acceso	TDMA	TDMA
Seguridad en Downsteam	AES	No definida
OAM	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM

Fuente: (Escobar, 2013)

Mediante el análisis comparativo de cada una de las tecnologías PON, se verifica que la infraestructura de la red GPON es más robusta, tiene más capacidad y tiene una leve ventaja sobre la red EPON. Actualmente las redes GPON tienen más acogida en diferentes países, debido a sus beneficios en relación de demandas futuras y satisfacción de los clientes.

2.5.2. Componentes de la Red GPON

Como lo explica (Bolaños, 2017), en la Figura 16, la red de acceso GPON está dividida principalmente en tres partes, el OLT (Equipo Principal), el cual está interconectado por una ODN a un nodo y un ONT (Equipo terminal). Para detallar este proceso se tiene que una red de acceso óptica pasiva GPON está formada básicamente por:

- **Equipo Terminal de Línea Óptica (OLT)**

La OLT es un elemento activo del cual parten las redes de fibra óptica hacia los usuarios, los OLT tienen una capacidad para dar servicio a miles de consumidores conectados al servicio que se desea prestar. Este elemento de la red GPON está ubicado en las dependencias del operador, y consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT.

Aunque depende del administrador que puede establecer la configuración de hasta 128 ONT por cada puerto PON.

- **Red Óptica de Distribución (OND)**

La red de distribución óptica en las arquitecturas FTTx corresponde a la infraestructura óptica que va desde el OLT hasta el ONT del abonado. La ODN es pasiva, no tiene elementos activos o energizados como los OLT y los ONTs. (Bolaños, 2017). En la Figura 13 describe lo anteriormente descrito. La transmisión en la ODN es bidireccional, es decir que se utiliza la misma fibra para el tráfico de carga y descarga. Para el caso de la información en sentido descendente se emplean longitudes de ondas del rango de 1530 a 1570nm, mientras que para el tráfico ascendente en el rango de 1280-1340nm. La ODN está compuesta por elementos activos como pasivos como se describen a continuación en forma general:

- Patchcord (cable de conexión) de fibra entre la OLT y el ODF (Armario de Distribución Óptica).
- El ODF.
- Cables de Fibra Óptica Feeder que están asociados a la red GPON.
- Splitters primarios.
- Cables de Distribución.
- Splitters secundarios si el nivel de atenuación lo permite.
- Cables de acometida o cables DROP.
- Cajas terminales.
- Roseta óptica (punto terminal óptico o especie de caja que permite hacer la terminación y el acondicionamiento del cable óptico de acometida que accede al domicilio del cliente)
- Patchcord de Fibra entre la roseta Óptica y la ONT.

- **Equipo terminal de red óptica (ONT)**

La ONT es el elemento que se sitúa en la casa del usuario donde termina la Fibra Óptica y ofrece las interfaces del usuario. Las ONT deben estar fabricadas de manera tal que soporten las peores condiciones ambientales y generalmente vienen equipadas con sistemas de respaldo de energía. (Bolaños, 2017)

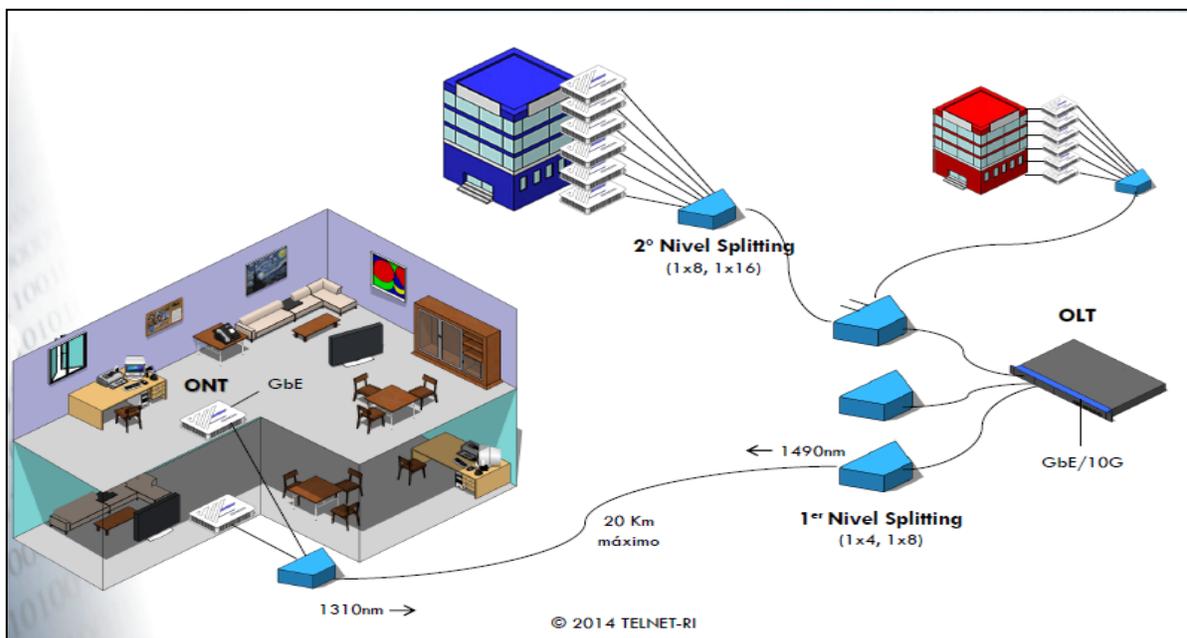


Figura 16: Topología de una red GPON

Fuente: (García, 2014)

2.5.3. Distribución y Acceso a la Red GPON

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, sector Telecomunicaciones, UIT-T (International Telecommunications Union – Telecommunication sector) inició sus trabajos en el estándar GPON en el año 2002. GPON está estandarizado en el conjunto de recomendaciones UIT-T G.984.x (x=1,2,3,4,5,6). Las primeras recomendaciones aparecieron durante los años 2003 y 2004, teniendo continuas actualizaciones en los años posteriores. GPON proporciona una estructura de trama escalable desde 622 Mb/s hasta 2,5 Gb/s, así como la capacidad de soportar tasas de bits asimétricas. La velocidad de transmisión más utilizada por los actuales proveedores de plataformas PON es de 2,488 Gb/s en el canal

de distribución (sentido de downstream) y de 1,244 Gb/s en el canal de retorno (sentido de upstream) según UIT-T G.984.1 (2003).

La red de acceso es la parte de la red más próxima al usuario, por lo que se caracteriza por la abundancia de servicios y protocolos. El método de encapsulamiento de la información que utiliza GPON se llama GEM (GPON Encapsulation Method) que permite soportar cualquier tipo de servicio, (Ethernet, ATM, TDM, entre otros) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125ms. El método GEM se basa en el estándar GFP (Generic Framing Procedure) del UIT-T G.7041 con modificaciones menores para las tecnologías PON.

GPON de este modo no solamente ofrece más ancho de banda que sus tecnologías antecesoras (APON, BPON) sino que también es más eficiente y permite a los operadores continuar brindando sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas alquiladas) sin tener que mudar los equipos instalados en las dependencias de los clientes. Además, GPON implementa capacidades OAM avanzadas (Operation Administration and Maintenance), ofreciendo una potente gestión de servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades incorporadas cabe destacar: monitoreo de la tasa de error, alarmas y eventos, proceso de descubrimiento y ranging automático, según UIT-T G.984.1 (2003).

Básicamente GPON apunta a velocidades de transmisión mayores o iguales a 1,2 Gb/s. GPON considera 7 combinaciones de velocidades de transmisión y son las siguientes:

- 155 Mbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
- 622 Mbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
- 1,2 Gbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
- 155 Mbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
- 622 Mbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
- 1,2 Gbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
- 2,4 Gbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).

La red GPON puede ser demultiplexada hasta para 128 usuarios, lo que se convierte en un aspecto muy atractivo para las empresas de prestaciones de servicios, aunque lo recomendable es hasta 64 usuarios de acuerdo a la norma UIT-T 984.2. En el canal de

distribución (downstream), las tramas tienen una duración constante de 125ms para los sistemas de 1,24416 Gb/s y 2,48832 Gb/s, con una longitud de 19.440 Bytes y 38.880 Bytes respectivamente. Lo mismo sucede para el canal de retorno (upstream). Las transmisiones en el canal de retorno consisten en una serie de tramas individuales originadas por las ONUs en la GPON. Cada paquete de transmisión contiene un encabezado de la capa física (PLOu: Physical Layer Overhead of upstream) y adicional al payload (carga útil) del cliente, contiene un campo opcional de PLOAM upstream (PLOAMu), un campo de secuencia de nivelador de potencia de upstream (PLSu) y un campo de reporte dinámico de ancho de banda.

La trama de upstream tiene una duración de 125ms siendo igual a la trama de downstream. Cada trama contiene un número arbitrario de transmisiones de una o más ONUs, las tramas son organizadas de cierta forma definida por el campo BWmap. Durante cada período de asignación de transmisión, la ONU puede transmitir una trama de datos de usuario o enviar los campos de control según UIT-T G.984.2 (2003).

El modo de encapsulamiento GEM permite mayor flexibilidad y transmisión de paquete IP de tamaño variable a lo largo de enlaces TDM según UIT-T G.7041/Y.1303 (2003). El encabezado del estándar GEM contiene los siguientes campos:

- Campo PLI, indicador de la longitud del payload (Payload Length Indicator).
- Campo PORT ID (Identificación del Puerto), se usa para suministrar 4096 indicadores únicos de tráfico, permitiendo eficiencia en la multiplexación del tráfico.
- Campo PTI (tipo de contenido), indica que tipo de datos son transmitidos en la trama GEM, definiendo su administración.
- Campo HEC (protección de error de código), es una combinación del código BCH (39, 12, 2) y un simple bit de paridad.

2.6. Normativa Legal Vigente

Para la normativa legal en el Ecuador de acuerdo a la tecnología GPON y su despliegue se ha determinado un análisis en el reglamento de la Carta Magna en el artículo 314, en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) artículo 3, en la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) y de acuerdo a la infraestructura a instalarse se realizó mediante la recomendación UIT-T G.984.x. A continuación se presentan los

artículos relacionados de las 4 identidades al despliegue de las Telecomunicaciones y normas que se debe realizar al promover servicios para transmisión de datos.

La Carta Magna, dispone de acuerdo al Artículo 314, que tiene como obligación el estado, permitir todos los servicios necesarios para la población, como por ejemplo las telecomunicaciones, que hoy en día ya es una necesidad para las personas, ya que promueve el desarrollo tecnológico, permite establecer comunicaciones a larga distancia, ayuda en la parte académica, entre otros.

Por otro lado, la Ley Orgánica de Telecomunicaciones en su artículo 3 dispone promover el despliegue de telecomunicaciones, cumpliendo con la normativa de instalación y configuración, enfatizando que el servicio se encuentre óptimo por las empresas tanto privadas como públicas.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) informa que en el artículo 144, es responsable de otorgar los permisos habilitantes para el despliegue de infraestructuras de telecomunicaciones, cumpliendo con la normativa y requisitos necesarios para su autorización, además tiene como función realizar el control del espectro radioeléctrico si las empresas se encuentran operando en las frecuencias establecidas, caso contrario serán sancionadas. De la misma manera cada Empresa proveedora de servicios tendrá la obligación de emitir un registro mensual informando el número de abonados que posee, así como también los servicios, cobertura e infraestructura de la empresa.

De acuerdo a lo anterior y en relación a la normativa legal vigente que se tomará en cuenta para la relación del presente proyecto, según lo descrito por la ARCOTEL en la norma técnica N° ARCOTEL-2015-0568 que tiene como objeto, regular el despliegue y tendido, identificación, ordenamiento y reubicación de las redes físicas aéreas de servicios de telecomunicaciones, servicios por suscripción (audio y video modalidad cable físico) y redes privadas. Por lo tanto mediante esta normativa se realizará un despliegue óptimo sin dañar las infraestructuras aledañas, conservando el medio ambiente y la seguridad de las personas.

El organismo UIT-T G.984.x, establece que de acuerdo a la necesidad y satisfacción de los clientes para brindar un buen servicio en las telecomunicaciones, con mejores

prestaciones, alta disponibilidad y confiabilidad, se propone realizar cinco recomendaciones de acuerdo a la tecnología GPON, para lo cual se analiza las Características Generales de la Red GPON, Especificaciones de la red de acceso, especificación de la capa de transmisión, la interfaz de control y gestión, terminando con la banda de frecuencias y longitudes de onda en la que trabaja la infraestructura del proyecto GPON.

2.7 Análisis de las Experiencias y Problemas que presenta la Tecnología GPON

Una vez explicitas las bases teóricas científicas mencionadas durante el desarrollo de este capítulo a través de una investigación exhaustiva de fuentes primarias y secundarias se concluye el análisis según las experiencias y problemas que presenta la tecnología GPON en cuanto a costo de despliegue de la siguiente manera:

Para las redes de acceso FTTH utilizando la tecnología GPON en sus costos son muy elevados en su inversión inicial en comparación con el cable de cobre, en este caso de XDSL, pero sus beneficios radican a largo plazo, debido a que por un solo hilo de Fibra Óptica puede transmitir información por los Gbps, permitiendo de esta forma establecer una escalabilidad en la red y soportar las futuras demandas de las aplicaciones y de los requerimientos de los usuarios.

Debido a que las telecomunicaciones cada día avanzan notablemente, las empresas de prestación de servicios necesitan ir renovando su infraestructura debido a que la gran demanda de ancho de banda no es la suficiente hoy en día, porque se ha establecido nuevas aplicaciones y servicios que requieren de mayor velocidad, razón por la cual la tecnología GPON hace frente a esta demanda de servicios y futuras prestaciones.

La red GPON tiene mayor acogida en el sector urbano, ya que los costos son muy elevados en sectores rurales y no existe mucha población para que puedan contratar el servicio y las empresas puedan recuperar la inversión en un menor tiempo.

Una vez establecida la red pasiva en todo el campo de aplicación, básicamente el proceso de la instalación a los clientes no tendrá complicaciones ni demoras, debido a que las cajas de distribución no deben estar a más de 200m de los abonados.

El material que utiliza la Fibra Óptica hay en abundancia en todo el mundo, por lo que se vuelve cada vez más barato al fabricarlo con mayor cantidad, debido a que todas las empresas se encuentran renovando sus infraestructuras con Fibra Óptica, cada día es más económico adquirirla.

Con los beneficios que se presenta la tecnología GPON, como es el de transmitir voz, video y datos, por una sola fibra de vidrio hace que mediante un solo medio transmisión se pueda establecer redes convergentes, permitiendo de esta manera incluso no colocar más cables para cada uno de los servicios.

Se debe recalcar que una Red Óptica Pasiva, tiene sus complicaciones al desplegarse por situaciones adversas, como es la falta de postería, la dificultad de colocación de los herrajes e incluso el clima, es por tal razón que se debe realizar un estudio de campo para que no existan dificultades en el despliegue de la Fibra Óptica.

La Fibra Óptica debido a que es un fino hilo de vidrio, se requiere que la manipulación sea más cuidadosa, tanto en el transporte como para la instalación de los equipos finales, un mal procedimiento podría dañar la consistencia de la fibra o incluso romperla, lo cual todos estos problemas implicarían costos para la empresa.

Una parte muy importante que se debe recalcar es la adquisición de los permisos del organismo competente para la prestación de la posteria, en este caso de investigación es EMELNORTE, para lo cual es necesario presentar un plano detallado, indicando que sector se va a cubrir con la red de Fibra Óptica, para lo cual se tiene un precio aproximada de 6\$ por año por cada poste.

Otro de los factores a considerar es la competencia con otras empresas, ya que la población requiere de un servicio sin cortes y con gran velocidad, es por tal razón que se ha considerado que los precios competitivos estarán por los valores de entre US\$ 20 a US\$ 30, con una velocidad de navegación de 10Mbps a 20Mbps, los cuales son valores aceptables para la adquisición del servicio.

Capítulo III

3. Situación Actual de la Empresa REDECOM

En este Capítulo se realizará un análisis de la empresa REDECOM, para conocer la cobertura que posee actualmente, los planes del servicio que ofrece, los clientes que tienen contratado el servicio de Internet en el área de estudio (Otavalo), así como también otras características importantes que sirven para el diseño de la infraestructura de la red GPON.

3.1 Análisis de la Empresa

La empresa REDECOM inicia operaciones en el año 2011, en el cantón Antonio Ante mediante radio enlace, ofreciendo enlaces inalámbricos punto a punto para brindar el servicio de internet a sus usuarios. Actualmente presta servicio en toda la provincia de Imbabura, parte de la provincia de Carchi y Pichincha. Partiendo de su misión y visión, la empresa apunta a ofrecer altos estándares de calidad, abiertos a la incorporación de equipos de última tecnología, así como tecnologías de punta, que les permita ofrecer una conectividad alta, variados servicios, costos accesibles y cobertura en el Norte del país.

De acuerdo a la información obtenida, tanto en la página web de la empresa como del personal de alta gerencia, la empresa ofrece a sus clientes, servicios a través de redes inalámbricas, llamados Planes de Internet con Antena, y servicios a través de Redes Alámbricas, para el caso de Fibra Óptica, los costos pueden observarse en las Tabla 4.

Es importante resaltar, que la empresa ofrece solo servicio de Internet por Antena en el área estudio (Otavalo).

Tabla 4: Planes de Internet por Fibra Óptica

Planes de Internet por Fibra Óptica			
Plan	Velocidad	Compartición	Precio
Fiber 1	5 Mbps	2:1	20,00
Fiber 2	10 Mbps	2:1	30,00

Fiber 3	15 Mbps	2:1	40,00
Fiber 4	20 Mbps	2:1	50,00

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

Partiendo de lo anterior, es importante mencionar que la empresa al poseer una red de Fibra Óptica en varias áreas posee personal capacitado para la puesta en marcha y el mantenimiento de una futura Infraestructura con tecnología GPON para el centro de la ciudad de Otavalo. El despliegue actual de la empresa se puede observar en la Tabla 5, la cual ofrece en detalle el área de cobertura, tanto urbano como extraurbano.

Tabla 5: Cobertura de la Empresa REDECOM

PROVINCIA	CANTON	AREA
IMBABURA	Antonio Ante	Andrade Marín (Lourdes), Atuntaqui, Imbaya (San Luis de Cobuendo), San Francisco de Natabuela, San José de Chaltura, San Roque, El Carmen, La Violeta, El Cercado, El Rancho, La Gangotena, Santa Bertha, San Ignacio, La Merced, Santo Domingo, San José, San Vicente, La Dolorosa, El Perugal, Andrade Marín, Santa Bernardita, El Carmelo Bajo, El Carmelo Alto, Los Ovalos, Barrio El Coco de Natabuela, Santa Isabel, Pucara de San Roque, La Esperanza de San Roque, Pilascacho, Hatunrrumi, Cerotal, Chamanal, Agualongo, San Miguel de San Roque, El Salado, Tierra Blanca.
	Cotacachi	Imantag, Quiroga, Sagrario, San Francisco, El Topo, Morochos, Cuicocha, El Punge, Domingo Sabio, El Arenal, Azama, El Morlan, San Luis, Quitumba, Ambi, Colimbuella, Perafan.
	Ibarra	Ambuqui, Angochagua, Caranqui, La Carolina, Guayaquil de Alpachaca, La Dolorosa del Priorato, Chorlavi, La Esperanza, Miravalle, Sagrario, Salinas, San Antonio, Bellavista, Santo Domingo, Tanguarin, 19 de Enero, San Francisco, San Miguel de Ibarra, El Juncal, El Chota, Piquiucho, Santa Rosa, El Aguacate, San Vicente de Pusir
	Otavalo	Otavalo, Dr. Miguel Egas Cabezas, Peguche, Eugenio Espejo, Calpaqui, González Suarez, Jordan, Pataqui, San José de Quichinche, San Juan de Iluman, San Luis, San Pablo, San Rafael,

	Vía Selva Alegre, Karabuela, Pucara de Velásquez, Tocagon, Araque, Agato, La Compañía, Huaicopungo, El Topo, Angla, Pijal, Cajas, Perugal, Moras Pungo, Tangali, La Joya, Mojanda, El Panecillo, Yambiro, Imbabuela
Pimampiro	El Alizal, El Tejar, San José, Puetaqui, Paragachi, Alor, Chuga, Chamanal, Mariano Acosta
Urcuqui	Urcuqui, Iruguincho, San Blas, El Molino, El Tablón, Cahuasqui, Pablo Arenas
CARCHI	La Paz, Cuesaca, Bolivar, Monjas, Puntales, Los Andes, Cunquer, Mira
PICHINCHA	Cayambe, Cajas, Ayora, Tabacundo

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

Para el logro de sus objetivos, la empresa está en constante expansión de la Red de Fibra Óptica, además de la incorporación de tecnologías como GPON (FTTH) en su red, la construcción de cercos metálicos y eléctricos para la protección de sus diferentes nodos, y la implementación de Backup de baterías para el Nodo de Cotacachi.

3.2 Análisis del Backbone de la Red

Un Backbone está conformado por una línea o un conjunto de líneas a las que las redes del área local se conectan para poseer conexión de red de área más amplia (WAN) o dentro de una red de área local (LAN) para abarcar distancias de manera eficiente, en pocas palabras representa el circuito troncal por donde viaja la información principalmente.

Para realizar una evaluación detallada del estado actual del Backbone, la Gerencia de la empresa REDECOM suministró el diagrama de conectividad general de su red, el cual se muestra en la Figura 17.

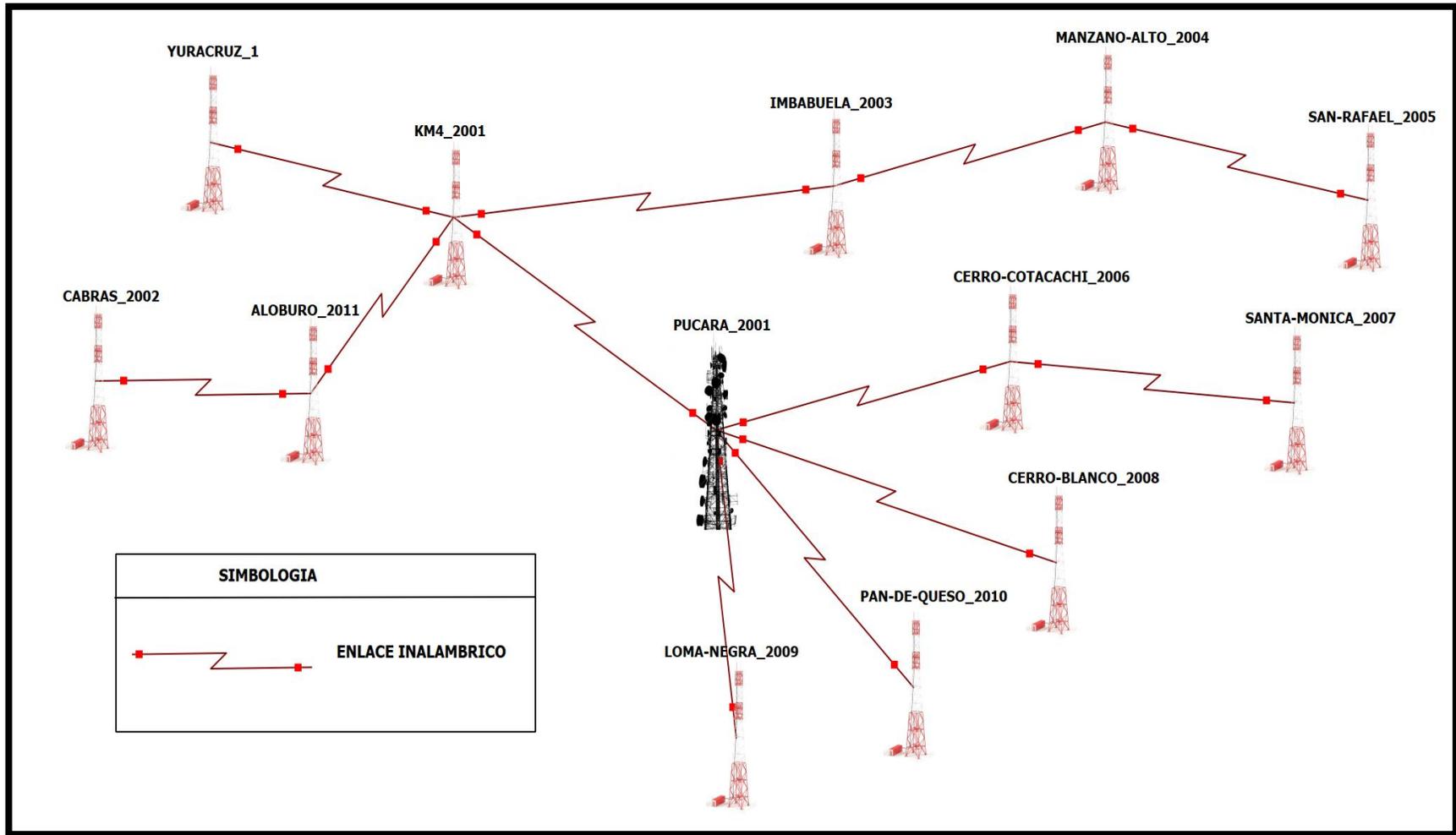


Figura 17: Diagrama de conectividad empresa REDECOM

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

Durante el proceso de diagnóstico, el personal de REDECOM entrevistado (entrevista no estructurada) identificó como nodo de distribución el nodo Pucará 1001, el cual se encuentra conformado de un Router marca Mikrotik modelo QPCOM con interfaces Gigabit para luego distribuirlo a los Switch de capa 3 de 24 puertos Ethernet, su diagrama de conectividad lógico con los diferentes nodos inalámbricos como se muestra en la Figura 18.

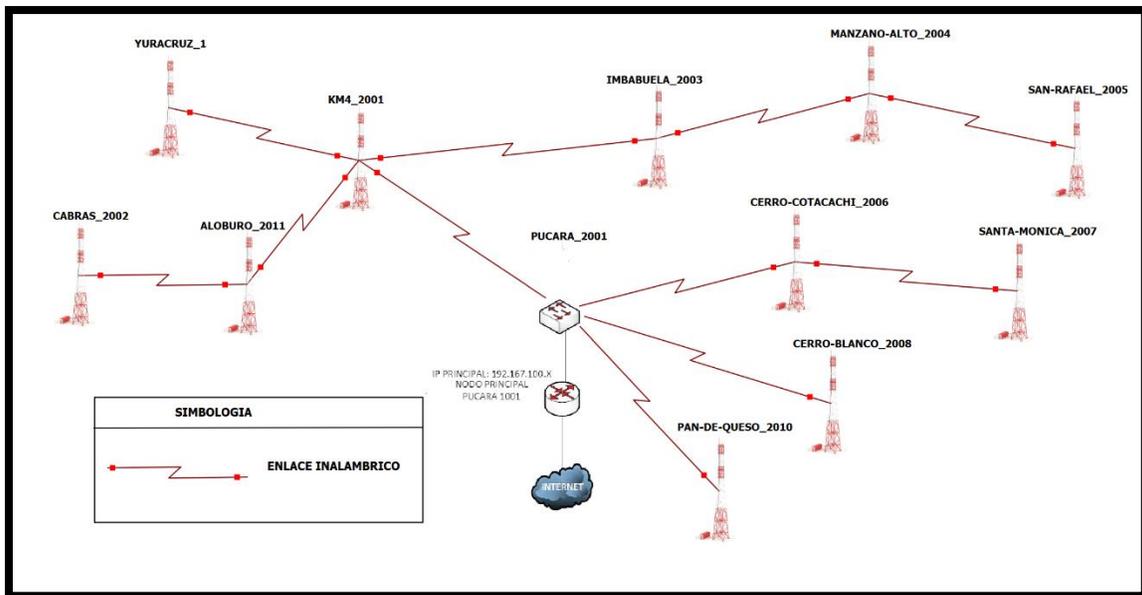


Figura 18: Diagrama de Conectividad Lógica Nodo Pucara 1001

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

Para constatar que el funcionamiento de la red, fueron realizadas visitas, en conjunto con personal calificado y experto de la empresa REDECOM, a diferentes instalaciones o nodos principales a fin de poder establecer un criterio de comparación en campo, por medio de las técnicas de observación directa, entrevistas no estructuradas con el personal, y mediciones aportadas por la Gerencia, que permitieron diferenciar y relacionar los datos e información recopilada para el posterior análisis y evaluación del Backbone actual de la Empresa.

El Site Survey de las visitas realizadas se detalla a continuación, como puede observarse en la Tabla 6 y se detalla posteriormente en cada nodo realizado su diagnóstico.

Tabla 6: Site Survey de los Principales Nodos de la Empresa

Nodo	Nodo Principal Pucará	Cerro Cotocachi	Yaracruz
Tipo de Soporte	Mástil	Mástil	Mástil
Tipo de Antenas	Unidireccional parabólicas, dipolos, grilladas, de panel, entre otras.	Unidireccional parabólicas, dipolos, grilladas, de panel, entre otras	Unidireccional parabólicas, dipolos, grilladas, de panel, entre otras
Equipo principal	Router marca Mikrotik modelo QPCOM con interfaces Gigabit Switch de capa 3 de 24 puertos Ethernet Conmutador de escritorio DES-1016D	Enrutador Mikrotik RB1100AHx2	Conmutador de escritorio DES-1016D

Fuente: El Autor

En la Figura 19 se encuentra el Nodo Principal de la Empresa REDECOM, el cual realiza el enrutamiento principal del Internet a través de un Routers Mikrotik modelo QPCOM con la ayuda de un Swich de capa 3 para la distribución a los demás nodos de la Infraestructura. El equipo instalado está en perfecto estado y se constató su buen funcionamiento. Dicho conmutador está instalado para mejorar el rendimiento de la red y a la vez, proporciona un alto nivel de flexibilidad. Este equipo permite a la empresa multiplicar anchos de banda, aumentar el tiempo de respuesta y satisfacer las demandas de gran carga, entre otras cosas.



Figura 19: Instalaciones Nodo Principal Pucará.

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

En la Figura 20 se observa el **Nodo Cerro Cotocachi**, donde se identificó y se constató el buen funcionamiento del enrutador Mikrotik RB1100AHx2, que es el enrutador Gigabit Ethernet de rack 1U, este posee un CPU de doble núcleo y puede alcanzar hasta un millón de paquetes por segundo y es compatible con el cifrado de hardware. Tiene trece puertos Gigabit Ethernet individuales, dos grupos de conmutadores de 5 puertos e incluye la capacidad de derivación de Ethernet. Se incluyen 2GB de RAM SODIMM, hay una ranura para tarjeta microSD, un zumbador y un puerto serial. Este equipo esta preinstalado sobre una mesa, tiene su fuente y enchufe de alimentación.

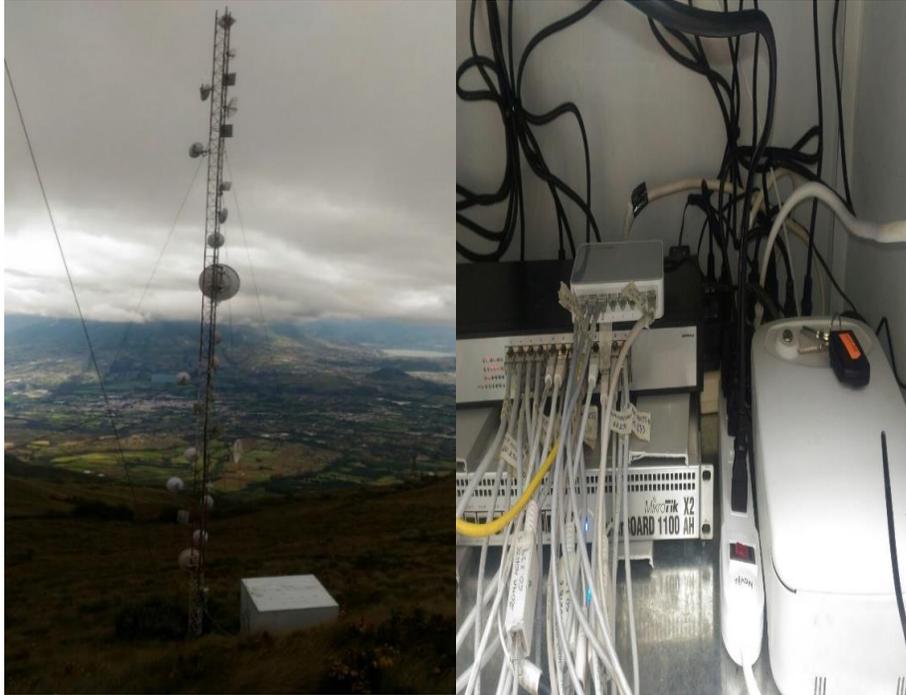


Figura 20: Instalaciones nodo cerro Cotocachi.

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

En la Figura 21 se encuentra las instalaciones del Nodo Yuracruz, donde se identificó y se constató el buen funcionamiento del conmutador instalado en un rack a diferencia de las condiciones en los otros dos nodos visitados.

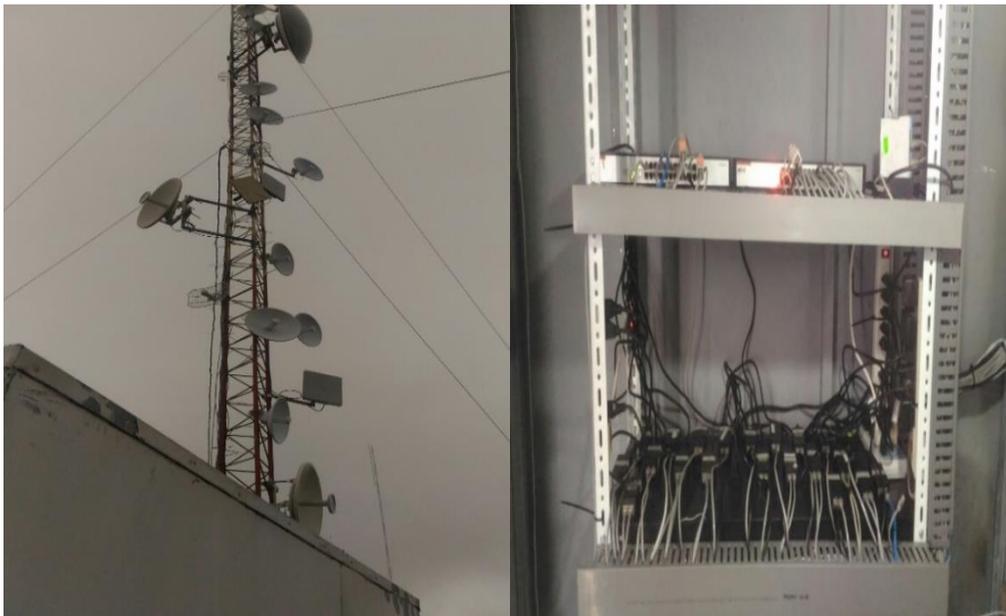


Figura 21: Instalaciones nodo Yuracruz.

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

De lo anterior se desprende, que la Empresa posee diferentes nodos en perfecto estado y funcionamiento, permitiendo ofrecer un servicio de calidad. De igual forma, se verificó la presencia del sistema de puesta a tierra para garantizar la protección y la compatibilidad electromagnética entre los equipos.

En referencia, a la capacidad de los equipos, fueron realizadas mediciones de tráfico de datos a la empresa REDECOM, gracias a la colaboración del personal que labora en la Gerencia. Para ello fue monitoreado el tráfico a través del equipo Mikrotik, por la Interface <ether 1> Statistics, observando mediciones de 5 minutos promedio, 30 minutos promedio, 2 horas promedio y mensual. Cabe destacar, que las mediciones observadas los bits por segundo ocupados y medidos en promedio se mantienen por encima del 65% de la capacidad de los equipos de transmisión, alcanzando niveles máximos hasta por encima del 90% en la capacidad de memoria. Se debe constatar, que el sistema deja de ser adecuado cuando se tienen niveles a partir de 75% de capacidad ocupada. Es por ello, que es importante que la empresa realice una expansión a fin de proveer mejoras para un incremento en la demanda de usuarios a futuro sin bajar la calidad de su servicio.

3.3 Posición de REDECOM en el Mercado como Prestador de Servicios de Internet

El Servicio de Acceso a Internet constituye uno de los servicios de mayor interés por parte de la República del Ecuador y los ciudadanos en general, ya que su uso permite contribuir a mejorar la prestación de servicios básicos como educación, salud, gobierno, comercio, etc.

De acuerdo al boletín estadístico del último Trimestre de 2018 publicado en enero 2019 correspondiente al corte de diciembre 2018, el 11,48% de la ciudadanía mantiene contratada una cuenta de Internet Fijo y las provincias de Pichincha y Guayas son las que poseen mayores porcentajes de suscripción con el 31,2% y 27,3% respectivamente, siendo uno de los servicios que ha tenido un importante crecimiento. En relación a esto, la Provincia de Imbabura se posiciona en el sexto puesto con un total de 60.658 cuentas de Internet fijo, que constituye un 3,1% del total general, representando que el 13,47% de 450.135 habitantes de Imbabura poseen servicio de internet. De este mismo modo, el boletín indica que existen 9 empresas líderes prestadoras de servicio de Internet fijo que representan el 95% del mercado,

como se indica en la siguiente Figura 22 y el resto de las prestadoras, como REDECOM, sólo un 5%. Dada esta cifra, se puede estimar que aproximadamente 3.032 habitantes gozan de servicios contratados a través de la empresa REDECOM.

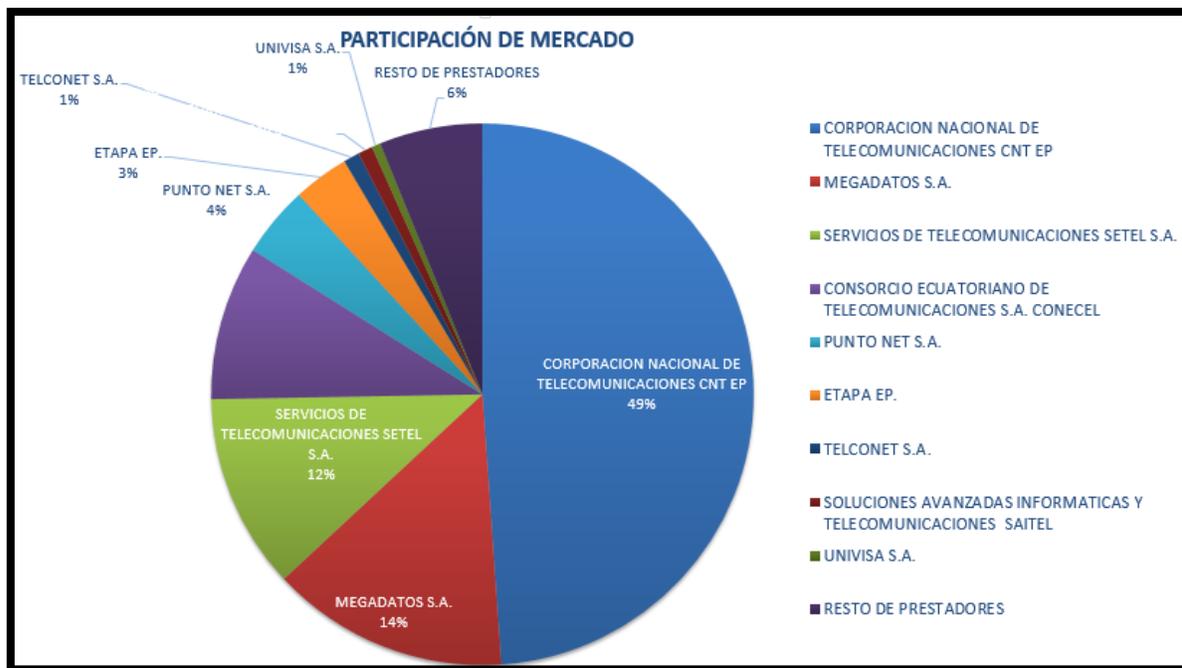


Figura 22: Porcentaje de Empresas de Prestación del Servicio de Internet

Fuente: (Arcotel, 2019)

Por otra parte, la zona en estudio Otavalo, es cabecera cantonal del Cantón Otavalo, así como la segunda urbe más grande y poblada de la Provincia de Imbabura, que actualmente cuenta una población de 110.461 habitantes de acuerdo a los datos del Gobierno autónomo descentralizado municipal del Cantón Otavalo, donde su población urbana es de 44.536 habitantes, representando el 40,31% de la población. En relación a esto, la empresa REDECOM posee 1.745 clientes, lo que representa que el 3,92% de la población es usuaria de la compañía, y a su vez constituye el 57,55% de los usuarios de empresa que gozan del servicio de internet fijo en la Provincia de Imbabura, cifra que se considera importante, y permite una prospectiva de crecimiento, dilatando la necesidad de implementar una infraestructura que confluya con la existente y mejore la calidad de los servicios en cuanto a cobertura y velocidad.

Esta ciudad constantemente está en crecimiento tecnológico, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, desde Marzo de 2018, ha estado migrando a la Red de Fibra Óptica en

los barrios urbanos de Otavalo, como Ciudadela Imbaya, Ciudadela Rumiñahui y en el sector Imbaqui de Peguche, para un total de 700 servicios de telefonía fija e Internet de banda ancha, situación que confirma en el consumo tecnológico de sus habitantes y permite disminuir la brecha digital dotando de acceso universal a las tecnologías de Información y Comunicación a la provincia.

De acuerdo a lo expresado, y para obtener una noción del mercado y desempeño de la empresa REDECOM en cuanto a la satisfacción del cliente, se realizó una encuesta como se muestra en el Anexo A, para lo cual fue diseñado un instrumento de evaluación, validado por un experto en el área en conjunto con la gerencia de la empresa REDECOM.

Encuesta

Dirigida a: Clientes de la empresa REDECOM en Otavalo.

Cálculo del número de muestras:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 * (N-1) + Z^2 * p * q} \quad \text{si} \quad np \geq 5 \text{ y } nq \geq 5 \quad [1]$$

Donde:

n= Tamaño de muestra

N= Tamaño de la población finita

Z = Valor obtenido mediante los niveles de confianza

p = proporción en que la variable estudiada se da en la población

q = 1 - p.

e= Error de muestra

En diferentes trabajos de investigación se obtiene que el nivel de confianza más óptimo, se considera que es del 95%, por lo tanto este valor vienen determinados de acuerdo a la siguiente Tabla 7.

Tabla 7: Nivel de Confianza (Z)

Z	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de Confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

Fuente: (Navarra, 2013)

Para un error de muestra del 5% y una población N de un rango de 1745 el cálculo con los valores a considerar se indican en la siguiente Tabla 8.

Tabla 8: Datos para Obtener la Muestra

Descripción	Valor
Z (95%)	1,96
N	1745
p	0,05
q	0,95
e (5%)	0,05

Fuente: El Autor

Reemplazando los datos de la Tabla 8 en la Ecuación 1 del cálculo de muestra se obtiene un resultado de aproximadamente de 70 personas a encuestar. Con la mejor disposición, se procedió a aplicar el instrumento de evaluación a los clientes de la empresa REDECOM habitantes de Otavalo de manera aleatoria, como se observa en la Figura 23.



Figura 23: Aplicación del Instrumento de evaluación a los clientes de la Empresa

REDECOM en Otavalo

Fuente: El Autor

Una vez aplicado el instrumento de evaluación, se procede a realizar el tratamiento correspondiente al análisis del mismo, como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9: Resultados de la encuesta a los clientes de la empresa REDECOM en Otavalo

No.	PREGUNTAS	OPCIONES	N° Encuestados		
1	¿Qué tipo de Plan tiene contratado?	1.1. Plan Residencial	Residencial 1 (2MB)	27	
			Residencial 2 (3MB)	39	
			Residencial 3 (4MB)	2	
			Residencial 4 (6MB)	1	
		1.2. Plan Corporativo	Corporativo 1 (3MB)	0	
			Corporativo 2 (5MB)	1	
			Corporativo 3 (7MB)	0	
		1.3. Plan Puro	P1 (1MB)	0	
			P2 (2MB)	0	
			P3 (3MB)	0	
			P4 (4MB)	0	
		2	¿Con qué frecuencia se conecta a Internet, utilizando el plan contratado?	A diario _mucho tiempo	63
				A diario_ poco tiempo	6
No todos los días	1				
Esporádicamente	0				
3	¿Qué tan satisfecho está usted con el servicio de Internet que tiene contratado con la empresa REDECOM?	Muy satisfecho	19		
		Satisfecho	32		
		Poco satisfecho	15		
		Muy insatisfecho	4		
		No opina o no sabe	0		
4	¿Qué tan satisfecho está usted con la calidad del servicio que tiene contratado según su la aplicación con la que usa su conexión a Internet?	4.1. Enviar y recibir correos	Muy satisfecho	64	
			Satisfecho	6	
			Poco satisfecho	0	
			Insatisfecho	0	
			No opina o no lo usa	0	
		4.2. Chatear	Muy satisfecho	68	
			Satisfecho	2	
			Poco satisfecho	0	
			Muy insatisfecho	0	
			No opina o no sabe	0	
		4.3. Hablar (Telefonía IP, Skype)	Muy satisfecho	8	
			Satisfecho	18	
			Poco satisfecho	41	
			Insatisfecho	1	
			No opina o no lo usa	2	

4.4. Trabajar, Estudiar, Tareas	Muy satisfecho	37	
	Satisfecho	31	
	Poco satisfecho	2	
	Insatisfecho	0	
	No opina o no lo usa	0	
4.5. Jugar en Línea	Muy satisfecho	1	
	Satisfecho	4	
	Poco satisfecho	10	
	Insatisfecho	0	
	No opina o no lo usa	55	
4.6. Ver Videos en Netflix y/o películas	Muy satisfecho	4	
	Satisfecho	19	
	Poco satisfecho	32	
	Insatisfecho	13	
	No opina o no lo usa	2	
4.7. Bajar música y/o películas	Muy satisfecho	5	
	Satisfecho	12	
	Poco satisfecho	11	
	Insatisfecho	5	
	No opina o no lo usa	37	
4.8. Buscar información de Interés personal	Muy satisfecho	32	
	Satisfecho	36	
	Poco satisfecho	2	
	Insatisfecho	0	
	No opina o no lo usa	0	
4.9. Revisar cuentas bancarias	Muy satisfecho	21	
	Satisfecho	16	
	Poco satisfecho	2	
	Insatisfecho	0	
	No opina o no lo usa	31	
4.10. Pagar servicios	Muy satisfecho	7	
	Satisfecho	10	
	Poco satisfecho	1	
	Insatisfecho	0	
	No opina o no lo usa	52	
4.11. Cargar información en correos y/o páginas de interés	Muy satisfecho	18	
	Satisfecho	28	
	Poco satisfecho	24	
	Insatisfecho	0	
	No opina o no lo usa	0	
5	En los últimos meses ¿Ha tenido algún problema con el servicio de Internet contratado?	Si	41
		No	29
6	En que consiste el problema o falla	Lentitud, mala conexión	22

		Velocidad no es la contratada	0
		El servicio se corta, se cae, no funciona	19
		No responde	0
		Otra (especifique):	
7	Al presentar fallas o cortes del servicio ¿Cuánto tiempo dura la falla o corte?	1 minuto o menos	0
		1 a 5 minutos	12
		5 a 30 minutos	21
		Más de 30 minutos	37
8	Al presentar lentitud, mala conexión ¿A qué hora del día lo presenta?	En la mañana	
		Al mediodía	8
		En la tarde	20
		En la Noche	41
		A cualquier hora	1
9	¿Cuándo falla el servicio de Internet, la empresa informa la causa por algún medio?	Si	53
		No	17

Fuente: El Autor

La información obtenida de la encuesta aplicado a 70 usuarios de REDECOM, se graficó, para cada una de las interrogantes, a fin de generar una mejor explicación y generación de conclusiones que complementen el diagnóstico en base a los objetivos propuestos.

1. ¿QUÉ TIPO DE PLAN TIENE CONTRATADO?

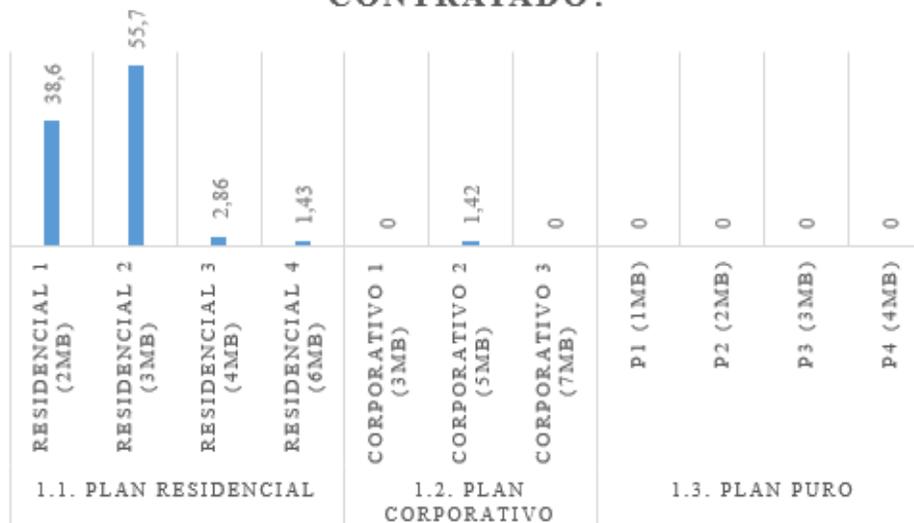


Figura 24: Gráfica de los resultados de la encuesta Item 1.

Fuente: El Autor

De acuerdo a la encuesta, se aprecia que la mayor cantidad de encuestados prefieren los planes Residencial 2(3MB) y Residencial 1(2MB), en un 55,7% y 38,6% respectivamente, y en menor porcentaje los planes residencial 3(4MB) y Residencial 4(6MB), por otro lado, es importante resaltar, que sólo el 1,43% de la muestra indico poseer un plan corporativo, específicamente el Corporativo 2(5MB), y ninguno de los encuestados utiliza un plan puro. Debido a la situación observada, se permite identificar que en Otavalo, la mayor cantidad de usuarios se decanta por planes residenciales de baja velocidad, ya que ofrecen servicios con calidad apta para sus necesidades y a costos razonables.

2. ¿CON QUÉ FRECUENCIA SE CONECTA A INTERNET, UTILIZANDO EL PLAN CONTRATADO?

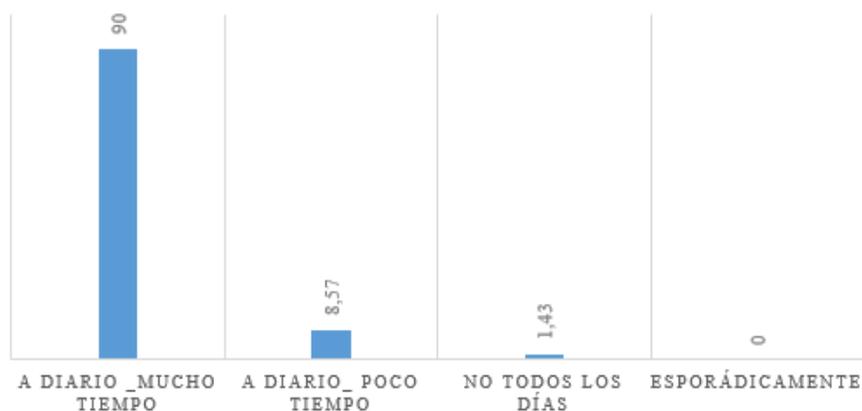


Figura 25: Gráfica de los resultados de la encuesta Item 2.

Fuente: El Autor

Los clientes de REDECOM, en un 90% se conectan a diario y por mucho tiempo a Internet, por lo que es sumamente importante que la empresa posea una red de distribución y acceso en la cual se entregue un servicio las 24 horas del día, sin ningún tipo de falla debida a condiciones ambientales como le sucede a las redes inalámbricas, es decir, planes con antenas, que son los servicios ofrecidos en la zona de estudio. Es importante mencionar, que en Ecuador, el acceso a internet se realiza de varias maneras, entre ellas medios alámbricos y medios inalámbricos para conectar los diferentes dispositivos a la red existente, el boletín del IV Trimestre del 2017, arroja que los servicios ofrecidos por medios inalámbricos apenas corresponde a un 8,74%, con respecto a la aceptación de medios alámbricos, entre ellos el

uso de Fibra Óptica en un 14,74%, teniendo como principal medio el cable de cobre en un 56,96%.



Figura 26: Gráfica de los resultados de la encuesta Item 3.

Fuente: El Autor

La encuesta arrojó que los clientes, se sienten en un 45,7% satisfechos con el servicio prestado, muy satisfecho en un 27,1% y poco satisfecho en 21,4% y apenas el 5,71% muy insatisfechos. Como toda empresa, REDECOM persigue que sus clientes estén satisfechos de los servicios que ofrecen, situación que se puede observar donde en más del 72% de los encuestados así lo expresan, en mayor o menor medida.

Partiendo de esto, y tomando en cuenta la definición de satisfacción del cliente dada por la norma ISO 9000:2005, se entiende como la percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos, en relación a esto y de acuerdo con la Recomendación UIT-T E.800 la calidad del servicio se encuentra conformada por la totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades del usuario.

En este orden de ideas, aclara, que las quejas de los clientes indican una baja satisfacción, pero su ausencia no implica necesariamente una elevada satisfacción de este. La importancia de conocer la satisfacción o no del cliente radica en el establecimiento de acciones para que los clientes continúen consumiendo el servicio ofrecido, y atraer nuevos. Por lo que se considera importante realizar mejoras en la red existente ya que más de cuatro de los

encuestados expresan no estarlo, y el objetivo de la empresa es que todos sus clientes estén satisfechos de sus servicios. Esto permitiría una mejora en las condiciones de servicio, además de aumentar la velocidad de transmisión de datos, y en consecuencia, atraer a mayor cantidad de clientes producto de la mejora en el servicio ofrecido.

4. ¿QUÉ TAN SATISFECHO ESTÁ USTED CON LA CALIDAD DEL SERVICIO QUE TIENE CONTRATADO SEGÚN SU LA APLICACIÓN CON LA QUE USA SU CONEXIÓN A INTERNET?

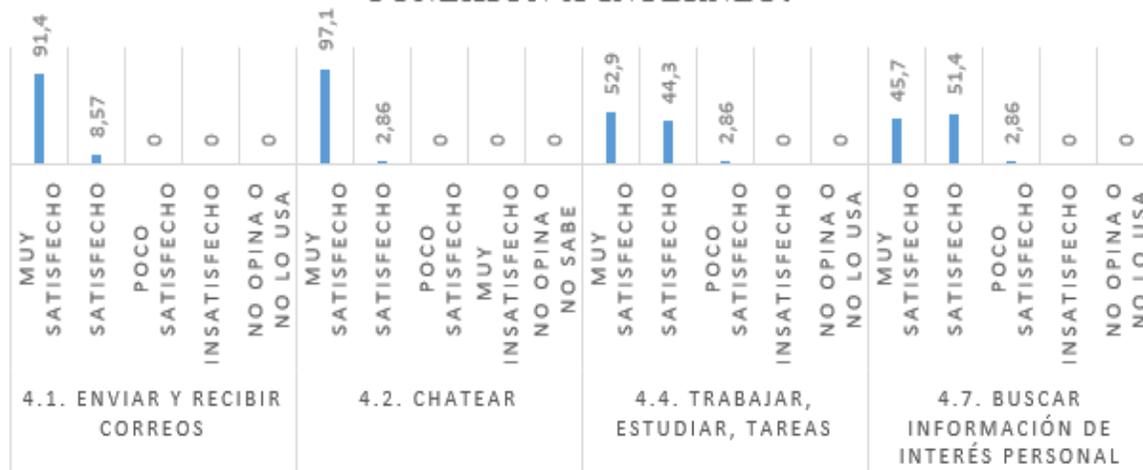


Figura 27: Gráfica de los resultados de la encuesta Item 4 (parte A).

Fuente: El Autor

En la actualidad se sabe, que el Internet se ha convertido en la herramienta tecnológica más revolucionaria y poderosa, influyendo en casi todos los niveles de la actividad humana. Su impacto fluye a raíz de ofrecer un acceso global y económico al mundo de la información, entretenimiento, conocimiento, entre muchos otros.

Es por ello, que el análisis por aplicaciones utilizadas permite identificar los gustos de los clientes, evidenciando la satisfacción o no en relación al uso de ciertas aplicaciones, herramientas o servicios.

Con respecto a lo anterior, los clientes están muy satisfechos en un 97,1 % y 91,4%, respectivamente, en la calidad del servicio al chatear y enviar o recibir correos. Manifiestan estar satisfechos en un 51,4% y muy satisfechos 52,9%, respectivamente en relación a la búsqueda de información y trabajar o estudiar, es decir, navegación en Internet.

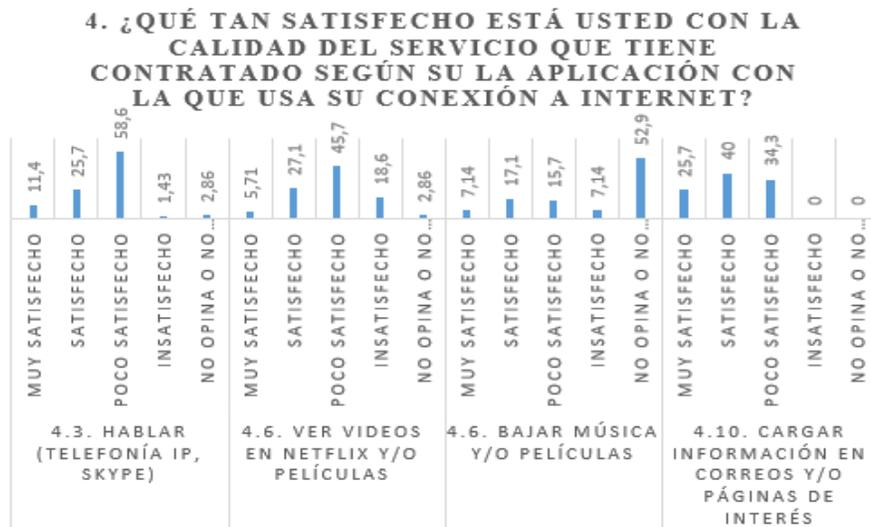


Figura 28: Gráfica de los resultados de la encuesta Item 4 (parte B).

Fuente: El Autor

Los servicios Telefonía IP, ver videos y/o películas en línea y carga de información, presentaron el porcentaje más alto en poco satisfecho con valores de 58,6%, 45,7% y 34,3%, respectivamente. Es importante añadir, que el grueso de los planes contratados son residenciales de 2MB y 3MB y, estos servicios requieren entre 1MB y 5MB para asegurar una buena conexión, por lo que, puede evidenciarse que parte de los requerimientos de los clientes son conexiones con altas velocidades a costos razonables que les permita disfrutar de cualquier tipo de aplicación, y no sólo, de navegación.

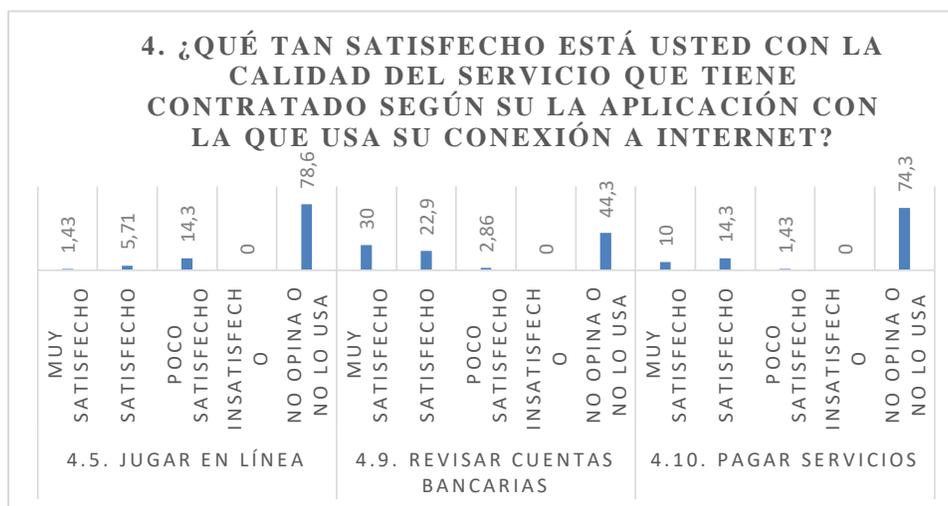


Figura 29: Gráfica de los resultados de la encuesta Item 4 (parte C)

Fuente: El Autor

Los servicios de juegos en líneas, revisar cuentas bancarias y pago de servicios arrojaron un porcentaje de 78,6%, 44,3% y 74,3% respectivamente en relación a opción no opina o no lo usa. En relación a juegos en línea el resto de los encuestados indicó estar en un 14,3% poco satisfecho por el desempeño de ese servicio, lo que evidencia que al ser aplicaciones que necesitan un buen ancho de banda, se sigue evidenciando la necesidad de aumentar las prestaciones existentes. Por otro lado, los servicios de revisión de cuentas bancarias y pago de servicios, la minoría de usuarios que utilizan estas aplicaciones están en un 30% muy satisfecho y 14,3% satisfechos respectivamente, ya que para estas acciones se requiere criterios más de velocidad que de ancho de banda.

5. EN LOS ÚLTIMOS MESES ¿HA TENIDO ALGÚN PROBLEMA CON EL SERVICIO DE INTERNET CONTRATADO?

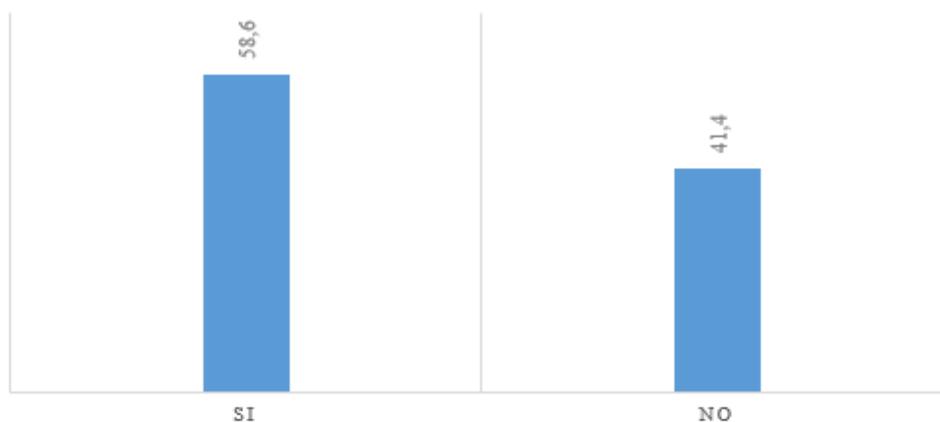


Figura 30: Gráfica de los resultados del Item 5.

Fuente: El Autor

La encuesta arroja, que el 58,6% de los informantes indican que su servicio ha presentado algún problema en los últimos meses. Lo que evidencia que el porcentaje de falla es alto, lo que pudiese afectar la percepción del cliente en relación a la calidad de servicio, pudiendo motivar directamente a que estos deseen cambiar el prestador de servicios, y por ende, no permita la captación de nuevos clientes estancando el crecimiento de la empresa en el sector de estudio.



Figura 31: Gráfica de los resultados del Item 6.

Fuente: El Autor

Indagando en relación a los usuarios que indicaron que su servicio presenta fallas, que las comunes en un 53,7% y un 46,3%, respectivamente, son lentitud o mala conexión y corte del servicio.

Dados estos resultados, se puede explicar el hecho de la poca satisfacción de los clientes en los servicios como telefonía IP, ver videos o películas y cargas, producto de la lentitud del servicio, lo que causa una percepción negativa en el cliente.

7. AL PRESENTAR FALLAS O CORTES DEL SERVICIO ¿CUÁNTO TIEMPO DURA LA FALLA O CORTE?

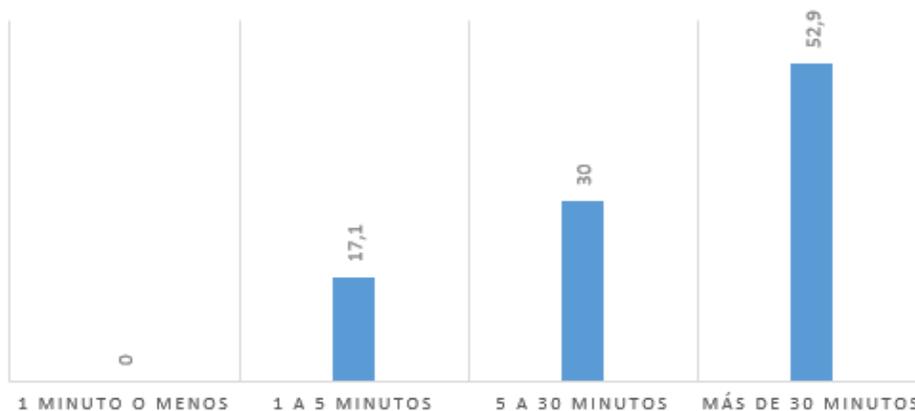


Figura 32: Gráfica de los resultados del Item 7.

Fuente: El Autor

El tiempo promedio de duración de la falla, representa la fiabilidad o confiabilidad del sistema, entendiendo con esto la probabilidad de un buen funcionamiento. Entre menor sea el tiempo de falla más fiable es el sistema.

Las fallas presentadas por la empresa reflejan en un 52,9% una duración de más de 30 minutos, 30% de 5 a 30 minutos y un 17,1% menor a 5 minutos. La Recomendación UIT-T F.1703-0, señala que la relación de indisponibilidad del sistema se referencia al tiempo indisponible durante un periodo de observación, con el cual se evaluar el criterio de calidad de un enlace. Es importante añadir que las fallas al ser recurrentes disminuyen la calidad del sistema repercutiendo en la percepción del cliente respecto al servicio.

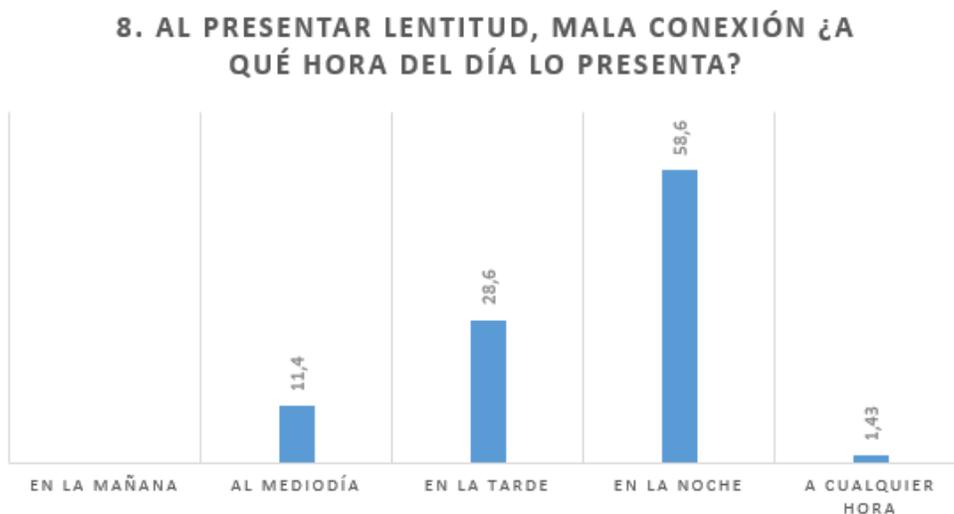


Figura 33: Gráfica de los resultados del Item 8.

Fuente: El Autor

Las fallas principalmente suceden en horas nocturnas en un 58,6%, en la tarde en un 28,6%, pudiéndose evidenciar que ocurren cuando la mayoría de los usuarios se encuentran en sus hogares, es decir, horas de alto tráfico. A lo explicado por el personal de la empresa, se evidencio que la capacidad de memoria, medida en tráfico del equipo Mikrotik está por encima del 65% de su capacidad, valor recomendable para mantener una calidad de servicio satisfactoria, pero presenta picos de superiores a 90% que dilatan la calidad de servicio, por lo que, se debe realizar mejoras en el sistema a fin de disminuir la fallas y mejorar en el criterio de consumo de la memoria de los equipos utilizados.



Figura 34: Gráfica de los resultados del Item 9.

Fuente: El Autor

El 75,7 % de los encuestados indicaron que al presentarse alguna falla la empresa lo informa, cambiando la percepción del servicio, por lo que, aunque este falle debido a la manifestación de eventualidades, permite la disposición del cliente a esperar por la solución de la situación.

Se evidencia que la Empresa posee una estructura sólida y en perfecto funcionamiento, con fallas e intermitencias del servicio, con un nivel aceptable de satisfacción del cliente. Presenta saturación en la capacidad de memoria, por lo que es recomendable una expansión, y dadas las características del mercado avanzar con una red alámbrica de alto desempeño como fibra óptica para mejorar los servicios actuales y la captación de clientes. Se observa un posicionamiento entre aceptable y bueno dentro del mercado en el área estudio.

Capítulo IV

4. Diseño de la Red

El diseño de la Red para la empresa REDECOM se realizó mediante un análisis completo de los requerimientos de la población, velocidad del Internet, encuestas, así como también determinar los usuarios que posee actualmente la empresa y la población de la zona urbana de Otavalo, lo cual se describe a continuación:

4.1 Desarrollo del Diseño de Fibra Óptica

A continuación, se detalla los aspectos a considerar para el diseño de Fibra Óptica, como es los requerimientos de los usuarios, equipos y características de la Tecnología GPON.

4.1.1 Selección del Área

En todo proyecto se debe considerar la posibilidad de expansión de la demanda actual en el tiempo de vida del proyecto, es por ello que considerando la ubicación del área en estudio, centro urbano de Otavalo, como se observa en la Figura 35, además del análisis estadístico de la demanda de servicios en la zona, donde la provincia de Imbabura se posiciona en el 7mo puesto en relación a la cantidad de usuarios de servicios de Internet.

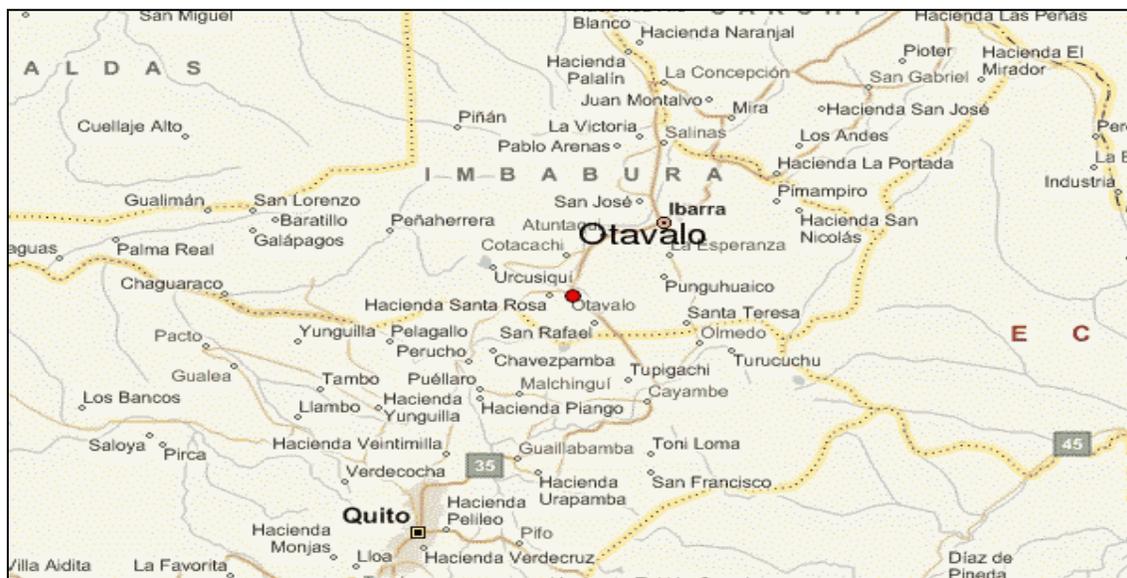


Figura 35: Mapa de ubicación de la Población de Otavalo – Ecuador

Fuente: (Google Maps, 2018)

La Empresa REDECOM posee 1745 usuarios que representan el 3,92% de la población y a su vez el 57,55% de los usuarios de la provincia de Imbabura, lo cual indica un posicionamiento de aceptable a bueno en el mercado local, se presenta una proyección futura del mercado de clientes.

Partiendo de lo anterior, se considera un tiempo estimado de proyección no menor de cinco (5) años debido a que se valora adecuado para la implementación de avances tecnológicos, aparte del avance tecnológico que se dará en poco más de 2 años a partir de la implementación de 5ta Generación tecnológica a nivel mundial que está pautada para el 2020, situación que permitirá la apertura de nuevas redes con velocidades cada vez más altas y banda ancha, con la interconexión de dispositivos a dispositivos cada vez más en demanda, y para la cual se requieren que las redes ya existentes puedan converger con estas a fin de englobar una gran infraestructura que soporte la cantidad de servicios y aplicaciones con calidad y confiabilidad que se consigue con medios alámbricos con la Fibra Óptica.

Por esta razón, según los datos suministrados por el INEC en relación a la proyección para el año 2020, se espera que el cantón de Otavalo tenga una población de 125,785 habitantes con una tasa de crecimiento poblacional anual de 1,52%. Con estos datos podemos determinar el crecimiento de la demanda poblacional y obtener información acerca del número de clientes futuros mediante la expresión:

$$D(t) = D_0(1 + i)^t \quad [2]$$

Donde:

D(t): Demanda poblacional estimada con respecto a t años

D₀: Demanda poblacional inicial

i: tasa de crecimiento poblacional anual

t: tiempo estimado en años.

$$D(5) = (1,745)(1 + 0.0152)^5$$

$$D(5) = 1,881.71 \approx 1,882 \text{ clientes}$$

Con la Ecuación 2 de la demanda de población estimada se analiza que para los 5 años existirán 1882 usuarios con Fibra Óptica y de igual manera se verificó para una futura demanda de hasta 15 años, como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10: Demanda estimada de usuarios

Tiempo estimado	Demanda estimada (usuarios)
Actual	1745
5 años	1882
10 años	2029
15 años	2188

Fuente: El Autor

Para el caso de Otavalo, como se observa en la Tabla 9, el incremento de los usuarios en los próximos 15 años representa un 25% con respecto a la demanda actual. Sin embargo, como se ha expuesto, las nuevas tecnologías de la información juegan un papel influyente en cuanto al aumento de los requerimientos de ancho de banda en la red, por lo que presume un mayor presupuesto en los requerimientos actuales, además de esto se tiene un panorama no definido con respecto al surgimiento de nuevas aplicaciones en los próximos años, luego de la lanzamiento al mercado de las 5G, ya que esta nueva generación está más ligada a interacciones que generan un tráfico en sentido ascendente, es decir, envío cada vez mayor de datos desde el usuario.

Se delimitó que el diseño de la red se realizará como plan piloto para el sector urbano del cantón de Otavalo, el área a cubrir es de aproximadamente 3,19Km², para un despliegue amplio en el centro de la ciudad, abarcando la parroquia el Jordán, ya que en esta zona un notable progreso económico y tecnológico producto de su gran actividad comercial, tecnológica e industrial. Es importante resaltar, que una vez realizado el proyecto piloto, se puede a futuro extrapolar para las zonas rurales permitiendo arropar las demás parroquias que conforman el cantón de acuerdo a su crecimiento poblacional y tecnológico.

4.1.2. Requerimientos de Diseño

Al detectar las necesidades de los usuarios, analizar la posición de REDECOM dentro del mercado local, y escoger la zona en estudio, se detecta como requisitos para el diseño de la red.

Las consideraciones para el diseño de la red implican la elección de criterios técnicos adecuados y precisos con respecto a la arquitectura de red seleccionada y al diseño de una red de distribución óptica (ODN) eficiente que optimice los recursos, reduzca la inversión inicial, permitiendo una recuperación del capital a un corto plazo, alcanzar los más altos niveles de flexibilidad posibles y de esta manera alcanzar los objetivos planteados en este proyecto, en trabajo conjunto con la empresa REDECOM.

4.1.3. Selección de las Tecnologías

Tomando en cuenta las características descritas en el capítulo dos (2) en relación a los estándares PON, se elige para el diseño el estándar GPON de la familia UIT-T G.984, dados los beneficios que provee al área en estudio, entre las que se encuentran:

- Ofrece cobertura para una distancia máxima de 20Km, y por ser un entorno urbano la distancia está dentro del rango para su uso.
- Permite una máxima división de canales de comunicación (1/64) frente a sus otras variantes, permitiendo la expansión del servicio para cubrir zonas más amplias.
- Soporta cualquier tipo de servicio o protocolo bajo el mismo esquema de transporte, debido al uso de encapsulamiento GEM (GPON encapsulation method) estandarizado en UIT –T G.984.3.
- Potencializa la gestión de servicios extremo a extremo, debido a que incorpora un avanzado sistema de OAM (operation, administration, maintenance).

Es conveniente mencionar, que de acuerdo al estándar UIT-T G.984, GPON tecnología escogida, la máxima tasa de transferencia es 2.5Gb/s, lo que permite por ejemplo, que operando a una tasa de división óptica de 64 equipos ONT (aunque no es la máxima, es la utilizada hasta el momento con prestaciones adecuadas para el caso estudio), a cada uno les corresponde una fracción de 40Mb/s, para el caso en el que todos estén simultáneamente utilizando el canal, y dada la necesidad superior a 5MB detectada en la encuesta, la capacidad

por usuario está más que soportada para las aplicaciones de telefonía IP, ver videos o películas, carga de archivos, además de las nuevas aplicaciones producto de 5G que permitirá aprovechar.

A parte de esto, se pueden ofrecer servicios dedicados de banda ancha, para clientes, por ejemplo corporativos, debido a que la recomendación UIT-T G.984.3, describe que la OLT está en capacidad de controlar o asignar el ancho de banda de cada ONT a través de un mapa de asignación de ancho de banda en upstream, lo cual permite la posibilidad de que para un determinado cliente se pueda ofrecer un canal con más de 40Mb/seg, si la red dispone de esa capacidad.

Por otro lado, la topología FTTH es la idónea para la zona centro de Otavalo, al ser una zona urbana, ofreciendo un servicio de banda ancha directamente a los usuarios. Se descartan las FTTN y FTTC, las cuales aplican para conjuntos multi-habitacionales o acoplamientos para redes ya existentes, por lo que proyecto se planteó solo el uso de configuración con fibra óptica. Y al tener un escenario con clientes finales domésticos y corporativos, en menor escala, se decantó por la configuración FTTH como la mejor opción para el sector en estudio.

Por último, dado lo analizado se identifican los siguientes parámetros para el diseño:

- Topología FTTH, punto a multipunto basado en el estándar o tecnología GPON
- Red de tendido aéreo.
- Máxima división de Splitteo 1:64
- Velocidad por usuario mínima 5Mbps.
- Velocidad por usuario máxima 40Mbps.
- Beneficiarios, aproximadamente 2000 usuarios.

Se optó el sistema aéreo debido a sus bondades entre los cuales podemos mencionar: bajos costos de instalación, fácilmente accesibles para su mantenimiento, fácil detección de fallas, entre otras.

4.1.4. Selección de la Fibra Óptica

Se optó por usar el cable de Fibra Monomodo 12 hilos para la red de alimentación y la red de distribución de 24 hilos. Se analizó el modelo de cable de Fibra Óptica C9P100VHE012 del fabricante INCOM, cuyas características son mostradas en la Tabla 11. Debido al elevado ancho de banda que presenta este tipo de fibra y en conjunto con sus bajas pérdidas y su dispersión modal inexistente, con una fibra de 9/125um la convierte en una fibra idónea para enlaces de media y larga distancia en específico en la localidad de Otavalo.

Tabla 11: Cable de Fibra óptica a Utilizar en la población de Otavalo

1. Características	Unidades	Rango de valores
Atenuación 1310 nm 1550 nm	dB/Km	≤ 0.38 Max 0.35 promedio ≤ 0.25 Max 0.22 promedio
Dispersión cromática 1285-1330 nm 1550 nm	ps/nm.Km	≤ 3.5 ≤ 18.0
Dispersión de longitud de onda cero	nm	1300-1324
Dispersión de vertiente cero	ps/nm ² .Km	≤ 0.092
Corte de longitud de onda	nm	≤ 1260
Dispersión de modo de polarización	ps/Km	≤ 0.2
Diámetro del campo modo en 1310 nm	um	9.3 ± 0.5
Error de concentricidad de revestimiento del núcleo.	um	≤ 0.8
Revestimiento no concéntrico	%	≤ 1.0
Diámetro del revestimiento	um	125 ± 1.0
Diámetro de la capa	um	245 ± 10
2. Propiedades mecánicas y ambientales		
A. Tensión en operación máxima	:	500 Newton
Tensión en instalación máxima	:	1000 Newton
B. Resistencia al aplastamiento	:	2000 Newton/10 cm
C. Radio de curvatura mínimo Temporal	:	100 mm
	:	200 mm
D. Temperatura de operación e instalación máxima	:	-30 °C a +70 °C
3. Propiedades físicas y dimensiones		
Número de fibras		12F
Colores de las fibras		Azul, naranja, verde, marrón, pizarra, blanco, rojo, negro, amarillo, violeta, rosado y agua.
Tipos de fibras		SM G652 D
DIMENSIONES NOMINALES		
Ancho		7.0 ± 0.3 mm

Altura	3.6 ± 0.3 mm
Diámetro EAA cubierto F.R.P. ROD (2 nos.)	1.8 ± 0.05 mm
Diámetro del tubo suelto	1.6 mm Nominal
Espesor de la envoltura	0.9 mm Nominal
Peso de cable	30 ± 3 Kg/Km
Longitud estándar	2.0, 3.0, 4.0, $\pm 5\%$ Km

Fuente: (INCOM, 2019)

Para la Red de Distribución se utilizará una Fibra Óptica de 24 hilos, para lo cual se encontró que la empresa Ecufiber, proveedora de Redes Ópticas en el Ecuador, debido a que presenta cables de fibra para instalaciones FTTH aéreas, exteriores ADSS que contienen una cita helicoidalmente que envuelve a los tubos holgados para evitar el ingreso y migración de agua. Ofrece Fibra Óptica de 24 hilos, con diámetros de $9,2\mu\text{m}$ (1310nm) y $10,4\mu\text{m}$ (1550nm), con una atenuación menos a $0,36\text{dB/km}$ y $0,25\text{dB/km}$ respectivamente, hechas de PBT, con hilo de aramida. Además ofrece cables drop interior/exterior, especiales para instalaciones autosoportadas para redes de acceso y aplicaciones FTTH, con cubierta exterior tipo LSZH, permitiendo instalaciones en espacios con o sin aire forzado. Entre las especificaciones se tienen atenuaciones menores a $0,4\text{dB/km}$.

Para el cable drop, se seleccionado es el Cable tipo drop aéreo (1/2 hilos) $2 \times 5\text{mm}$, homologado por CNT, modelo SM-G.657A2, el cual es un cable plano de bajada FTTx con alambre mensajero de acero galvanizado para autosostenerse, con una longitud de más de 80 metros, está construido con 2 fibras desnudas de color de acuerdo con la normativa EIA / TIA 598, 2 elementos de fuerza FRP paralelos, chaqueta LSZH negra homogénea. Cumple Telcordia GR20-Core, con una atenuación menor a $0,4\text{dB/Km}$.

4.2 Diseño de la Red de Acceso

Ya seleccionada el área de impacto del diseño y el lugar de la OLT, punto indicado por la empresa REDECOM, se presenta una visualización utilizando la herramienta computacional @Google Earth para geo referenciar el área y el lugar de la OLT ubicada en las coordenadas 24796.00m N y 804721.00m E ($0^{\circ}13'26,7''\text{N}$ $78^{\circ}15'45,3''\text{W}$), como se muestra en la Figura 36.

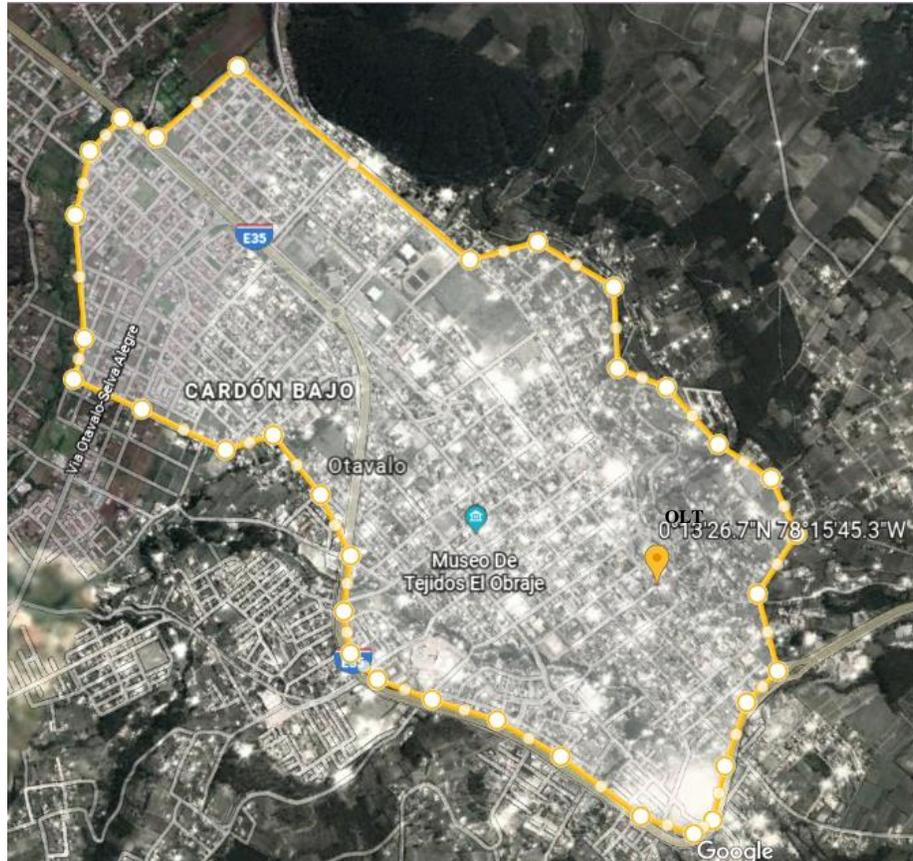


Figura 36: Área seleccionada para el diseño de la red FTTH en la población de Otavalo

Fuente: (Realizado por el Autor en Google Earth, 2018)

4.2.1. Ubicación de los Splitters

Definiendo como punto inicial de la red de acceso la OLT y como punto final el usuario más alejado, se identifica la longitud de la peor ruta, como si fuese una red punto a punto, obteniendo que el cliente más alejado está a 3,180Km, dado que el punto más alejado del primer nivel de splitter está a 2,780Km y el splitter de segundo nivel a 400metros, como se observa en la Figura 37.

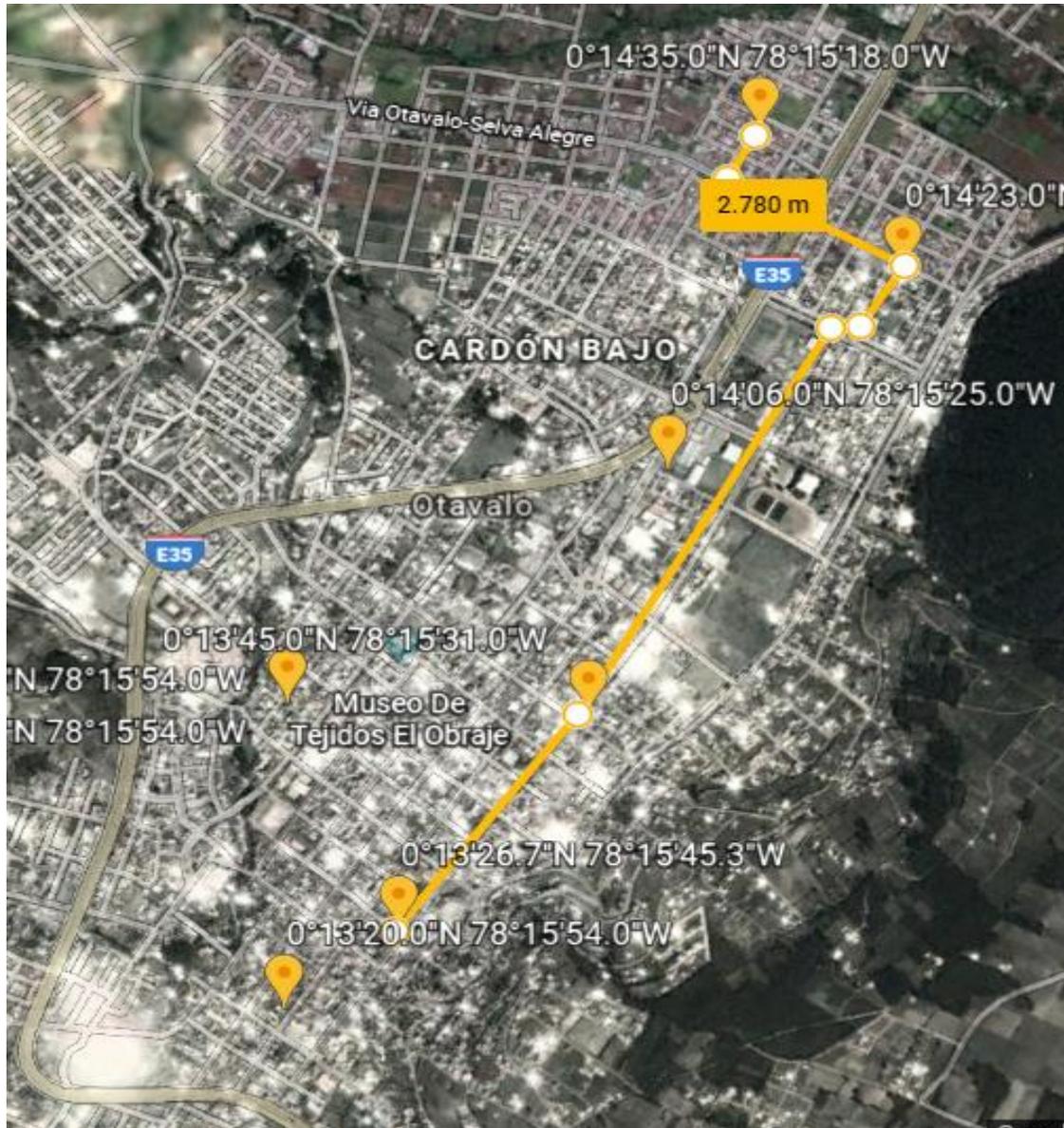


Figura 37: Recorrido más largo de la red en la población de Otavalo

Fuente: (Realizado por el Autor en Google Earth, 2018)

Dada la distancia, y tomando en consideración la extensión de punto a multipunto de la red, en referencia a la dispersión de clientes en la zona, se escoge un criterio constructivo de diseño en dos etapas de splitters a fin de minimizar las distancias y mantener el margen del sistema dentro de los límites correspondientes al diseño, es por ello, que se divide la zona en pequeñas áreas las cuales estarán alimentadas desde la OLT.

La relación a utilizar para el diseño serán 2 niveles de 1x8, obteniendo así un máximo por cada PON de 64 usuarios así como también una velocidad de transmisión por cliente de aproximadamente 40Mbps lo que es más que suficiente para la zona de estudio.

El equipo OLT escogido posee 32 puertos GPON, cada uno de estos puertos alimentará a un primer nivel de 1x8 y estos a su vez proveen a un segundo de 1x8, en total por puerto se cubrirán 64 usuarios. La ubicación del primer nivel de splitter se detalla en la Tabla 12 divididos en 6 áreas de ubicación para una mejor distribución. En la Figura 37 se muestra la distribución de los Splitters.

Tabla 12: *Coordenadas de la distribución de Splitter en la zona de estudio.*

Splitters	Coordenadas geográficas	Distancia a la OLT	Distancia con Splitters de segunda nivel
1	0°13'20"N 78°15'57"W	385m	400m
2	0°13'46"N 78°15'54"W	845m	400m
3	0°13'45"N 78°15'31"W	700m	400m
4	0°14'06"N 78°15'25"W	1540m	400m
5	0°14'23"N 78°15'07"W	2167m	400m
6	0°14'35"N 78°15'18"W	2780m	400m

Fuente: *El Autor*

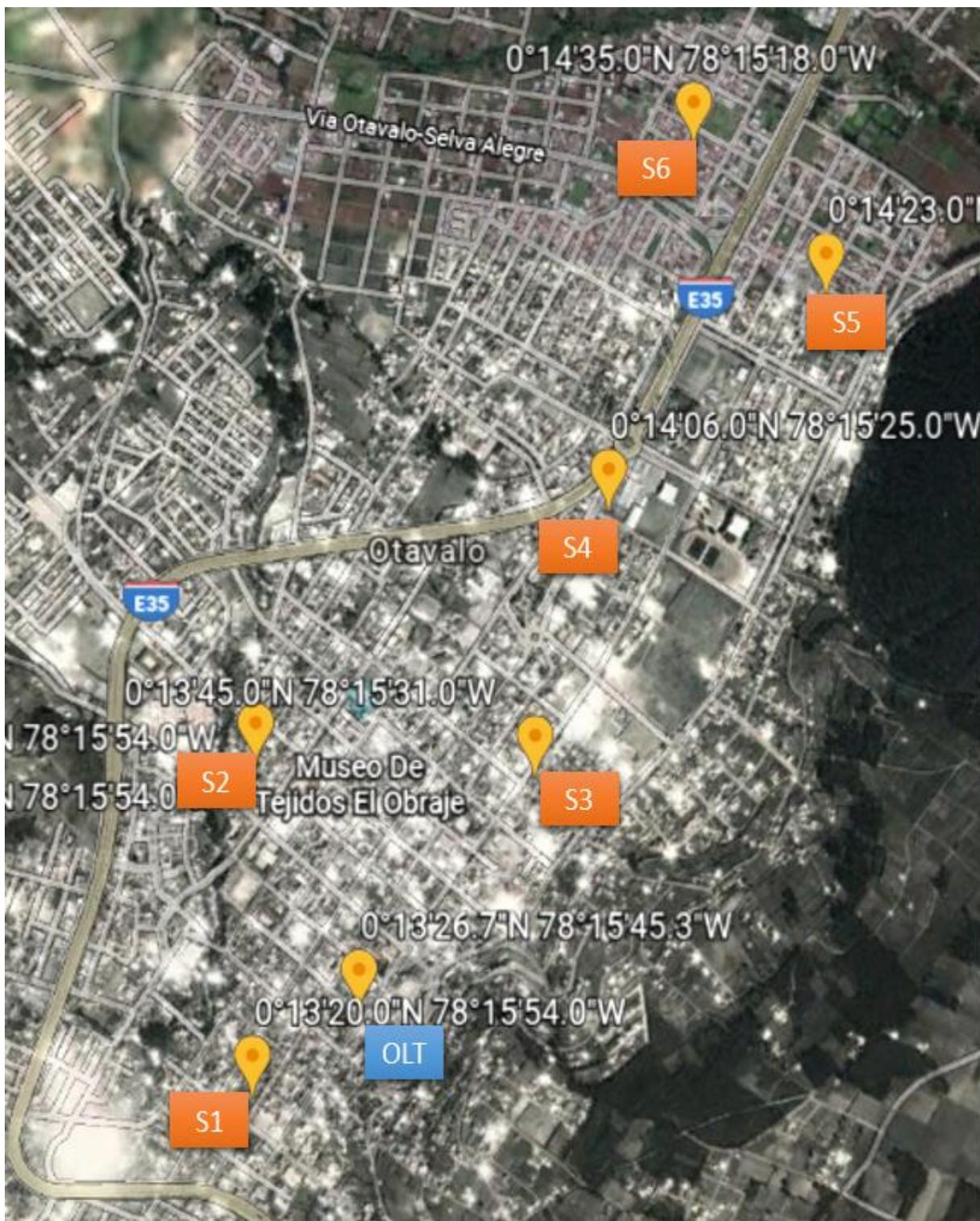


Figura 38: Distribución de los Splitters en la población de Otavalo

Fuente: (Realizado por el Autor en Google Earth, 2018)

La red será dividida de forma centralizada, en 6 áreas principales a cubrir, pues un armario óptico almacena un máximo de 12 divisores de relación 1:8, y se espera utilizar 10 divisores por armario, por ello, cada par de división puede soportar 64 usuarios, se tendrían aproximadamente 320 usuarios por armario, con 6 armarios se puede dar servicio a más de 2000 abonados. Es muy importante dejar reservas en los divisores ópticos y en las NAP, con la intención de tener espacio para futuros clientes. La conexión entre la OLT y los FDH se realiza mediante canalización aérea, por lo tanto, se ubicaron los armarios en puntos estratégicos para aprovechar la canalización existente. Y finalmente las NAP y ONTs serán ubicadas en cada sector cubierto con la nuestra red GPON.

4.3 Presupuesto Óptico

Para poder calcular el presupuesto óptico de la red, existen parámetros de acuerdo a la ITU-T G.984.2 como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13: Parámetros ópticos de una Red GPON

Parámetro Interfaz GPON		ONT	OLT
Mean Launched Power MIN		0,5 dBm	1,5 dBm
Mean Launched Power MAX		5 dBm	5 dBm
Minimum Sensitivity		-27 dBm	-28 dBm
Minimum Overload		-8 dBm	-8 dBm
Downstream Optical penalty		0,5 dBm	0,5 dBm

División Óptica	Atenuación	Elemento	Atenuación
1:2	3,8 dB	Fibra Óptica 1310nm (Km)	-0,4 dB
1:4	7,2 dB	Fibra Óptica 1490nm (Km)	-0,3 dB
1:8	10,3 dB	Empalme por Fusión	-0,1 dB
1:16	13,8 dB	Empalme por Patchcord	-0,3 dB
1:32	17,5 dB	Pérdidas de Inserción	-0,3 a -0,5 dB

Fuente: (ITU-T G.984.2, 2003)

Dada la recomendación de la UIT-T G.984.1 se establece que la máxima tasa de transferencia es de 2,488Gbps tanto para uplink como downlink, sin embargo, algunos terminales permite solamente 1,244Gbps en uplink y 2,488Gbps en downlink. De acuerdo a

esto, la capacidad de los usuarios estará proyectada en 20Mbps, para terminales que sólo permiten 1,244Gbps, pero si la transferencia es simétrica a 2,488Gbps, sería por lo menos 40Mbps por usuario, lo que es suficiente para garantizar los servicios y aplicaciones demandada por los usuarios existentes.

4.3.1. Cálculo de la atenuación total

La atenuación total (AT) se calcula sumando las atenuaciones por distancia en la fibra óptica, la producida por los divisores ópticos, empalmes y conectores.

$$\textit{Atenuación Total (AT)} = (\textit{Ad}) + (\textit{Ac}) + (\textit{As}) + (\textit{Ae}) + (\textit{Apc}) \quad [3]$$

Donde:

Ad= Atenuación por distancia en la Fibra Óptica.

Ac= Atenuación por conectores.

As= Atenuación por divisores ópticos.

Ae= Atenuación por empalmes.

Apc= Atenuación por patchcord.

- **Atenuación por Distancia en la Fibra Óptica**

Es conveniente considerar que al utilizarse tendido aéreo, el cable de fibra se fijara sobre los postes de tendido eléctrico a una altura aproximada de 5m, ya que los postes son de 10m. Se recomienda tomar en consideración los descensos del cable que pueden llegar a representar aproximadamente entre 15 y 20 metros, tomando como valor 20 metros más de longitud y adicional a esto se añade un porcentaje producto de los efectos de la curvatura en el tendido de este sobre los postes de un 20%.

Se realizara el cálculo para el menor y el mayor segmento o distancia desde la OLT y el punto final, convirtiendo la red punto a multipunto en un punto a punto para facilidad de análisis. Se tomará en cuenta el segmento más corto que lo compone el splitter S1 y el más largo el splitter S6 como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14: Cálculo de longitud del segmento

Segmento	Distancia 1er Nivel	Distancia 2do Nivel	Descensos	Corrección por curvatura 20%	Longitud total del segmento
OLT-S1- Zona 1	385m	400m	20m	161m	966m
OLT-S6- Zona 6	2.780m	400m	20m	640m	3.840m

Fuente: El Autor

Es conveniente aclarar que los sistemas GPON se utilizan principalmente para dos aplicaciones, como se describe en la UIT-T G.984.2-200602-Amd1, para sistemas de pleno servicio con superposición de video utilizan 3 longitudes de onda, y para sistemas puramente digitales sin superposición de video dos longitudes de onda, como se observa en la Figura 39.

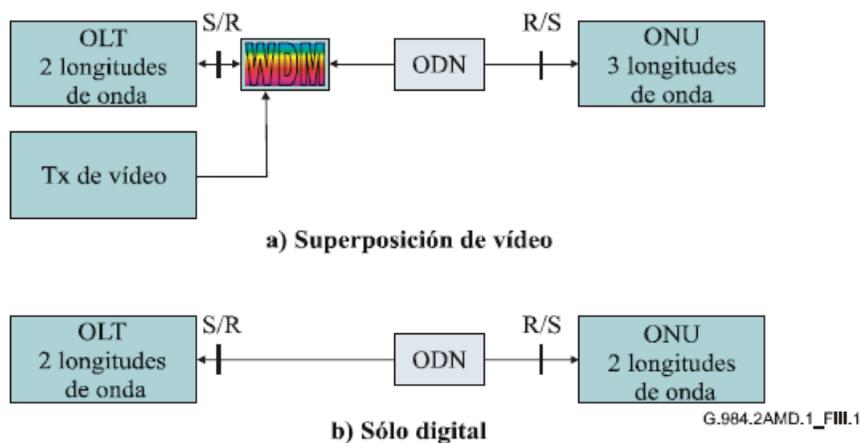


Figura 39: Aplicaciones para redes GPON

Fuente: (ITU-T G.984.2, 2006)

Por esta razón solo se analizarán en las dos longitudes de onda 1310nm y 1490nm, ya que para el diseño no será implementada difusión de video RF, que incluiría un análisis para longitud de 1550nm.

La atenuación del cable de fibra a 1310nm (Upstream), dada una pérdida por norma de 0,4dB/km, se tiene:

$$Ad_{1310nm}(tramo S1) = 0,966Km * \frac{0,4dB}{Km} = 0,3864dB$$

$$Ad_{1310nm}(tramo S6) = 3,84Km * \frac{0,4dB}{Km} = 1,536dB$$

La atenuación del cable de fibra a 1490nm (Downstream), dada una pérdida por norma de 0,3dB/km, se tiene:

$$Ad_{1490nm}(tramo S1) = 0,966Km * \frac{0,3dB}{Km} = 0,2898dB$$

$$Ad_{1490nm}(tramo S6) = 3,84Km * \frac{0,3dB}{Km} = 1,152dB$$

- **Atenuación por conectores**

La recomendación UIT- T G.671-200206, ofrece un valor de pérdida de inserción por conector óptico de 0,5dB por conector, y por otro lado, la interconexión de los equipos terminales tanto ONT como OLT requieren el uso de conectores, por lo que en un segmento punto a punto se utilizan 4 conectores.

$$Ac = 4 \text{ conectores} * \frac{0,5dB}{conector} = 2dB$$

- **Atenuación por divisores ópticos (Splitters)**

El diseño planteado emplea dos niveles de división óptica de 1x8 ambos, y dada la tabla descrita anteriormente la pérdida introducida por cada splitter de 1x8 es 10,3dB.

$$As = 10,3dB(\text{splitter primer nivel}) * 10,3dB(\text{splitter segundo nivel}) = 20,6dB$$

- **Atenuación por empalmes**

Las fusiones originadas por la incorporación de los splitter (cada uno origina un par de fusiones), y adicionalmente se tiene una fusión en los puntos terminales para la conectorización de la Fibra Óptica, por lo que la pérdida por fusión para los 6 empalmes es:

$$A_e = 6 \text{ empalmes} * 0,1\text{dB/empalme} = 0,6\text{dB}$$

- **Atenuación de Patchcord**

Se tienen dos patchcord a cada extremo del enlace, donde las pérdidas generadas por cada patchcord son de 0,3dB.

$$A_{pc} = 2 \text{ patchcord} * 0,3\text{dB/patchcord} = 0,6\text{dB}$$

Dadas las atenuaciones calculadas se tiene para el segmento más largo (zona S6) y diferentes longitudes de onda:

$$\begin{aligned} \text{Atenuación Total (1310nm)} &= 1,536\text{dB} + 2\text{dB} + 20,6\text{dB} + 0,6\text{dB} + 0,6\text{dB} \\ &= 25,336\text{dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Atenuación Total (1490nm)} &= 1,152\text{dB} + 2\text{dB} + 20,6\text{dB} + 0,6\text{dB} + 0,6\text{dB} \\ &= 24,952\text{dB} \end{aligned}$$

4.3.2. Cálculo del Presupuesto de Pérdidas

Para verificar el diseño en relación con las atenuaciones calculadas, se evalúa el nivel óptico, tomando en consideración los ambos sentidos, upstream y downstream, de acuerdo a la ecuación:

$$\text{Nivel óptico} = (\text{Mean launched power MAX}) - (\text{Minimum sensitivity}) \quad [4]$$

Tomando en cuenta los valores indicados en la Figura 46 y la atenuación total calculada, se extrae:

Tabla 15: Valores normados de los sistemas GPON para OLT y ONT

Sentido	1310nm	1490nm
Upstream/downstream		
Potencia de salida (OLT)	5dBm	5dBm

Sensibilidad del Receptor (ONT)	-27dBm	-28dBm
Atenuación total	25,336dB	24,952dB

Fuente: El Autor

$$\text{Nivel óptico}(1310\text{nm}) = (5 \text{ dBm}) - (-27 \text{ dBm}) = 32 \text{ dB}$$

$$\text{Nivel óptico}(1490\text{nm}) = (5 \text{ dBm}) - (-28 \text{ dBm}) = 33 \text{ dB}$$

Para este caso de 1310nm el nivel óptico es de 32 dB, el cual no debe ser superado por las atenuaciones, y las atenuaciones para el caso estudio son de 25,336 dB, lo que ofrece un margen del sistema de 6,664dB, y en el caso de 1490nm, el nivel óptico es 33dB y las atenuaciones 24,952dB, ofreciendo un margen del sistema de 8,048dB, los cuales se consideran un nivel óptimo para realizar el diseño de la red. Es probable que estos datos puedan fluctuar durante la medición, dependiendo de la calidad de la instalación, pero ya tienen una buena referencia para comparar, cuando realicen las mediciones de la red en el campo. De acuerdo a lo analizado se obtiene requerimientos mínimos de diseño, los cuales se presentan a continuación en la Tabla 16.

Tabla 16: Requerimientos Generales

Tabla General De Requerimientos	
Zona Urbana	
Planes superiores a 5MB	
Nro. Estimado de Abonados Actuales	1745
Nro. Estimado de Abonados Futuros	1882
Velocidad Máxima Transmisión	2,488 Gbps
Velocidad Mínima Transmisión	1,244 Gbps
Atenuación Máxima Enlace Óptico	33 dB
Atenuación Máxima Enlace Óptico (S6)	24,952 dB
Distancia Máxima Enlace Óptico	3,84 Km
Red Feeder	Aérea
Red Distribución Óptica	Aérea
Red Dispersión	Aérea

Fuente: El Autor

4.4. Despliegue de la Red

La cabecera o central GPON consta de la OLT y los ODF donde se realiza la interconexión con la red de alimentación, como se especificó anteriormente, la cabecera de red estará instalada en la oficina central de REDECOM, indicada por la empresa. El suministro eléctrico al equipo, se tomará del cuadro eléctrico existente, se debe tomar en cuenta el respaldo necesario para evitar cortes del servicio.

La red de alimentación se denomina al tramo entre la cabecera y la Red de distribución definida por el primer nivel de Splitter, es decir, la troncal principal que llevarán las Fibras Ópticas. Este recorrido se realizará por tendido aéreo. El cual por excelencia es el utilizado para enlaces metropolitanos en áreas urbanas, donde ya se disponga de postiería existente. Sera utilizado un cable plano monomodo G.652D, plano semiseco, forro HDPE, con refuerzo de varilla, de ancho 7mm y alto 3,6mm.

La topología de la red troncal es en estrella, para conseguir cubrir diferentes áreas debido a la dispersión de los abonados. Las fibras procedentes de la red de alimentación serán las entradas a los divisores de primera etapa que se alojarán en las cajas de distribución, las ventajas de la solución escogida son: menor ocupación del cable de fibra óptica de red urbana, ocupándose menos fibras ópticas activas que si se hubiera realizado la división en la central, una mayor reserva de las fibras para futuros servicios propios de REDECOM, mayor facilidad de manipulación dado que el número de cables terminados es menor, frente a una mayor complejidad en el excesivo número de cables a terminar en un único punto.

Con el objeto de minimizar el costo de la instalación como el impacto en las calles de Otavalo, se ha programado una red de alimentación donde las troncales pasan por la postiería existente de la red eléctrica nacional.

La red de distribución, denominada al tramo de red desde los splitter de primer nivel hasta las cajas terminales ópticas donde se ubican los splitters de segundo nivel los que se conectaran a la acometida de los abonados o clientes. Los splitters utilizados para este proyecto serán de división 1:8 (en las cajas de distribución y en las cajas de abonado).

Generalmente las cajas de distribución, son cajas estancadas para exteriores, con bandejas de 12 empalmes, de acuerdo al modelo escogido (SPL1202) se presenta la capacidad de las mismas. El modelo escogido presenta un armazón hecho de chapa metálica y admite el transporte horizontal de tableros en gabinete, su estructura plegable facilita la protección de los puertos ópticos, de fácil mantenimiento.

Por otro lado, se tienen las cajas de abonado, las cuales son cajas murales y de distribución de varias salidas, adosadas a muro, poste o interior. Las seleccionadas GPJ09-8205, tienen diseño ergonómico y compacto, permiten que los cables entren desde la parte posterior o inferior de la unidad, con cubierta extraíble para fácil acceso, que permite ahorro de tiempo, costos y fácil mantenimiento. Es importante verificar que contengan materiales como porta empalmes, protectores de empalmes, organizador con bridas y accesorios, además de elementos de fijación. El cable de Fibra Óptica para esta parte de la red será de 12 hilos.

Por último, se tiene la red de dispersión, que es el tramo de red que va desde la caja de abonado hasta la entrada al hogar del usuario, la cual está formada por cables de acometida y la roseta óptica. El cable a utilizar en la acometida exterior es tipo drop aéreo modelo Sm G.657A2, que permita conectar la caja de derivación interior con la roseta óptica del cliente, por su menor diámetro permite una fácil manipulación.

Para el abonado, cliente o usuario final se utilizarán los ONT, los cuales deben tener capacidades de transmisión de alto rendimiento para garantizar calidad en los servicios ofrecidos. Para cada cliente es necesario una instalación en el interior del hogar, la cual se compone de una terminal de Red Óptica, roseta Óptica, donde se conecta por un lado la acometida y por el otro la ONT mediante un latiguillo.

4.5 Selección de Equipos Ópticos

Antes de la distribución Óptica es necesario describir de forma general el proceso en el cual, la empresa REDECOM obtiene la contratación del Internet, recibe esta transmisión de datos a través de un Carrier, el cual realiza la conexión al servidor de REDECOM que es el encargado de distribuir al equipo principal OLT y realizar NAT mediante Ips públicas, para

ello se utilizará una máscara de /24, estableciendo 8 ips públicas para abastecer aproximadamente 2000 usuarios. En la Figura 40 se muestra detalladamente la conexión del Internet para su distribución.

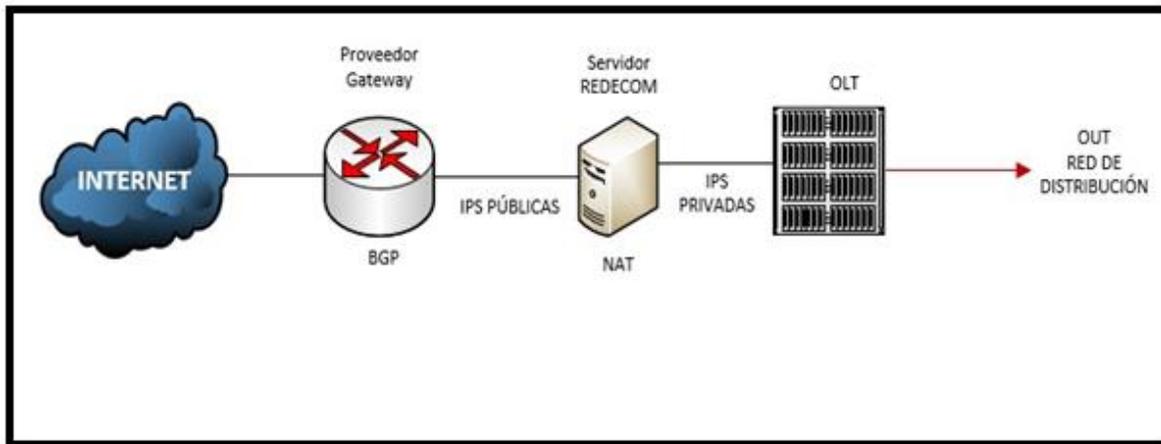


Figura 40: Diagrama Lógico de Conexión del Carrier

Fuente: El Autor

Para la topología de la red GPON, normada por la UIT, considera los siguientes dispositivos: Terminal de línea óptica (OLT), armarios de distribución óptica (ODF), concentrador de distribución de fibra (FDH), caja terminal (NAP), roseta y ONT, como pueden observarse en la Figura 41.

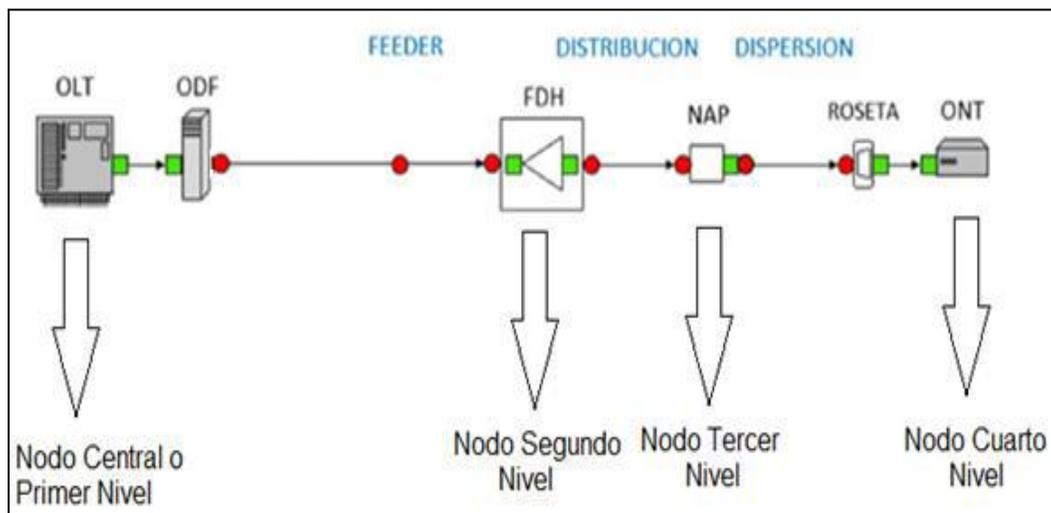


Figura 41: Topología Red GPON a considerar en la población de Otavalo.

Fuente: (Bolaños, 2017)

En el proceso de transmisión de la Figura 41, que describe una red de Fibra Óptica basada en GPON (FTTH), se puede analizar básicamente partiendo de cuatro nodos o niveles, los cuales indican el orden cómo avanza la transmisión de datos, se empieza por una fuente de datos (nodo central o primer nivel) ubicada en la oficina central de REDECOM que son los servicios que se van a transmitir y estos ingresan a un OLT que es un terminal de línea óptica.

Estos son enviados por medio del cable de Fibra Óptica que se conectan mediante una ODF (distribuidor de fibras ópticas), estos paquetes de datos avanzan por el medio de transmisión a una velocidad muy rápida hasta un FDH (Concentrador de distribución de fibra), que no es más que un nodo de distribución (segundo nivel) que distribuye la señal hacia los abonados, luego ingresa a una caja terminal NAP (Network Access Point), que pertenece a los nodos de tercer nivel y finalmente se unen mediante una ROSETA (o punto terminal óptico) para obtener el cuarto nivel donde se tienen a la ONT ubicados en cada uno de los clientes.

Para la elección de los dispositivos se tomarán en cuenta los que actualmente tienen demanda y penetración en la República de Ecuador, es por ello, que se evaluarán los equipos de la marca Huawei Technologies Co. Ltd., ya que desde el 2007 esta empresa multinacional China ha ganado en más del 50% de las adjudicaciones de contratos tecnológicos con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT). Así como también por parte de los fabricantes de Furukawa y Ubiquiti que son los más adquiridos por las empresas privadas, debido a su gran capacidad de conmutación, escalabilidad y facilidad de operación para el administrador de red.

4.5.1 OLT

Para poder escoger el principal equipo activo de toda la red es necesario detallar los requerimientos de diseño, para la cual se tiene en la Tabla 17 las especificaciones necesarias que debe tener la OLT.

Tabla 17: Requerimientos Generales OLT

Tabla De Requerimientos OLT	
Máxima Potencia Transmisión	+ 5 dBm
Mínima Potencia Transmisión	+ 1,5 dBm

Mínima Sensibilidad Recepción	- 28 dBm
Mínima Sobrecarga	- 8 dBm
Tarjetas de servicio	4
Mínimo puertos por tarjeta	8
Mínima Velocidad Transmisión	Downstream: 2.488 Gbps Upstream: 1.244 Gbps
Mínima Capacidad de Conmutación	1.5 Tbit/s
Máxima Capacidad de Conmutación	2 Tbit/s
Distancia Máxima Transmisión	20 Km
Máxima División Splitteo	1:64

Fuente: El Autor

Se analizaron las características de diversos modelos y fabricantes, a fin de escoger el que mejor se adapte a la red diseñada. Entre los fabricantes escogidos tenemos a Furukawa, Huawei y Ubiquiti Network, los cuales se encuentran en el país empresas como Alfasat, que ofrece productos huawei y furukawa, ZC Mayoristas con diversidad de productos y marcas, entre otros. A continuación, se describen tres modelos de OLT que fueron seleccionados dadas sus características.

- **OLT GPON FK-OLT-G2500**

Es un equipo utilizado en redes FTTx (Fiber To The X) como concentrador de clientes, de la familia de productos FBS - Furukawa Broadband System, como se observa en la Figura 42. Su función es distribuir el acceso a cada usuario de la red y realizar tareas de gestión, tales como control de acceso, gestión de banda, configuración de servicios, etc. Chasis GPON con altura de 7RU (unidades de rack).

En la Tabla 18 observamos las características Generales:

Tabla 18: Características OLT GPON FK-OLT-G2500

EQUIPO FURUKAWA	G2500
Puertos GPON/ Tarjeta	4
Tarjetas de Servicio	10
Velocidad de transmisión	Downstream: 2.488 Gbps / Upstream: 1.244 Gbps
Alcance Físico	20 km
Soporta	QoS
Estándar	UIT-T G.984.4
Longitud de onda de transmisión	Uplink: 1310nm Downlink: 1490nm

Velocidad Mínima Transmisión	1,244 Gbps
Potencia Óptica	Transmisión: 1,5dBm a 5dBm Recepción: -8dBm a -28dBm

Fuente: (Furukawa Industrial S.A, 2018)



Figura 42: Equipo OLT GPON FK-OLT-G2500

Fuente: (Tecnoredsa, 2018)

- **OLT HUAWEI MA5603T**

Este equipo es ideal para la para implementaciones de Fibra Óptica con excelentes prestaciones de transmisión, es por tal razón que es indispensable conocer las características técnicas, como es su entorno operativo, su máxima división de splitteo, su potencia de transmisión, velocidad, entre otras características como se muestra en la Tabla 19 y en el Anexo E.

Tabla 19: OLT HUAWEI SMART MA5603T

EQUIPO OLT HUAWEI	SmartAX MA5603T
Dimensiones (h x a x p)	442mm x 283.2mm x 263.9mm
Entorno Operativo	-40 °C a 65 °C Humedad relativa 5% a 95%
Alimentación	-48 VCC
Rango de voltaje de operación	De -38,4 V a -72 V
Capacidad de Acceso	48 x 10G GPON. 96 x GPON. 288 x GE.
Tarjetas de servicio	6 tarjetas

Puertos GPON/Tarjeta	8 puertos
Máxima división splitteo	1:128
Max. Potencia Transmisión	5 dBm
Min. Sensibilidad Recepción	-28 dBm
Velocidad de Transmisión	Downstream: 2.488 Gbps Upstream: 1.244 Gbps

Fuente: (HUAWEI OLT SmartAX MA5603T, 2018)

En la Figura 42 se observa la OLT Huawei MA5603T



Figura 43: OLT HUAWEI MA5603T

Fuente: (HUAWEI OLT SmartAX MA5603T, 2018)

- **UF-OLT**

El UFiber OLT soporta hasta 128 ONU por puerto GPON, con enlaces físicos de hasta 20 km. También cuenta con SFP y conectividad para el enlace ascendente, está disponible en dos modelos: el UF-OLT para ocho puertos GPON y el UF-OLT-4 para cuatro Puertos GPON, como se observa en la Figura 44.

El OLT GPON UF4-8 puertos terminales, posee las siguientes características, como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20: Características OLT Ubiquiti UF4-8

EQUIPO UBIQUITI	UFIBER
Puertos GPON/ Tarjeta	4-8

Tarjetas de Servicio	1
Velocidad de transmisión	Downstream: 2.488 Gbps Upstream: 1.244 Gbps
Alcance Físico	20 km
Máxima división de Splitteo	1:128
Clientes concurrentes	1024
Máximo consumo de energía	40W

Fuente: (UBIQUITI OLT UFIBER4-8, 2018)



Figura 44: UF-OLT Ubiquiti

Fuente: (Ubiquiti Networks, 2018)

Para la elección del equipo activo OLT, se presenta en la Tabla 21 una comparativa de los tres fabricantes que se consideró de acuerdo a las especificaciones y requerimientos generales.

Tabla 21: Comparativa de los Diferentes Fabricantes OLT

Comparación Marcas OLT			
Características Mínimas Requeridas	Huawei	Furukawa	Ubiquiti Network
Soportar de estándar ITU-T G.984	Si	Si	Si
Tarjetas requeridas (mínimo 4)	Si	Si	No
Puerto GPON (mínimo 8 puertos GPON)	Si	No	No
Puertos con capacidad Gigabit Ethernet	Si	Si	Si
Calidad de Servicio (QoS).	Si	Si	Si

Permitir velocidad UP / DOWN: 1.24 Gbps / 2.4 Gbps	Si	Si	Si
Administrable remotamente y localmente	Si	Si	Si
Capacidad de transmisión en las ventanas 1310nm y 1490.	Si	Si	Si
Soportar distancias de transmisión hasta 20Km.	Si	Si	Si
Soporte de distancias lógico de hasta 60km	Si	Si	Si
Hot Swap (permite cambios de tarjeta en caliente)	Si	Si	No
802.3z (Soporte Gigabit Ethernet para fibra en enlaces UPLINK)	Si	Si	No
802.1p (priorización de tráfico para diferentes aplicaciones)	Si	Si	Si
Garantía mínima de 3 años	No	No	No
Porcentaje De Cumplimiento	92,85%	85,71%	64,28%

Fuente: (El Autor-Adaptado de Rojas, Espinoza, & Rhor, 2015)

Para calcular el porcentaje de cumplimiento de los parámetros establecidos se lo realiza mediante la comparación de los diferentes fabricantes, por lo tanto el 100% corresponde a los 14 requerimientos establecidos, para lo cual el fabricante Huawei cumple con el 92,85% a 13 requerimientos alcanzados, por parte del fabricante de Furukawa con un 85,71% que corresponde a 12 requerimientos alcanzados y por último del fabricante Ubiquiti apenas 64,28% que corresponde solamente a 9 requerimientos obtenidos.

Los equipos analizados fueron los escogidos, debido a que ofrecen tecnologías de última generación, de estos se seleccionó el equipo OLT MA5603T, debido a que es el más idóneo para el diseño de redes FTTH cumpliendo el mayor porcentaje de requerimientos con 92,85% así como también por su simpleza de configuración y administración, posee 48 puertos GPON con capacidad de acceso de 48 x 10G GPON, 96 x GPON, 288 x GE y con capacidad de conmutación de 1,5Tb/s. Permite una cobertura de más de 2000 usuarios en una división

de splitteo de 1:64 por cada puerto PON, con velocidades aproximadamente de 40Mbps, lo que a futuro representa una reducción del OPEX.

4.5.2 ODF

En el mercado nacional, existen diversos modelos de ODF, pero dada la selección del OLT, es importante que se escojan equipos o elementos que compartan propiedades y sean compatibles, por ello cómo parte de la red de acceso, se tienen gabinetes externos para las terminales de línea óptica (OLT) de la serie SmartAX y la unidad de redes ópticas ONU, que permiten una integración y robustez para instalaciones exteriores. La empresa Huawei posee una serie de gabinetes para cada modelo de la serie de OLT MA56xx fundamentales para el establecimiento de Redes en Fibra Óptica hasta el punto de acometida, hasta el edificio, en oficinas pequeñas en casa, empresas y de uso residencial, como es el caso estudio, FTTH.

Estos gabinetes cumplen con las siguientes características y especificaciones, como se muestra en la siguiente Tabla 23.

Tabla 22: Cuadro Comparativo de las Especificaciones Técnicas entre Distintas ODF

	F01C100B	F01S50	F01S100	F01S200	F01S300	F01T500
Especificaciones						
Dimensiones (alto x ancho x profundidad)	630mm x 235mm x 92 mm	560mm x 200mm x 850mm	670mm x 250mm x 830mm	750mm x 350mm x 850mm	850mm x 450mm x 1,350mm	1,350mm x 480mm x 1,600 mm
Dispositivos	1 x MA5616 2 x MA5620 2 x MA5626	1 x MA5616 1 x MA5612 1 x MA5620	1 x MA5616	1 x MA5616 1 x MA5608T	1 x MA5683T 3 x MA5616	1 x MA5683T 3 x MA5616
Capacidad de servicio	<128 líneas	<48 líneas	<128 líneas	<192 líneas	<384 líneas	<1,024 líneas
Escenarios de instalación	Pasillos, sótanos e interiores	Exteriores	Exteriores	Exteriores	Exteriores	Exteriores
Instalación	Montaje en poste, en muro, e instalado en base	Montaje en poste, en muro, e instalado en base	Montaje en poste, en muro, e instalado en base	Montaje en poste, en muro, e instalado en base	Montaje en poste, en muro, e instalado en base	Instalación en base
Entorno Temperatura.	-25°C a 45°C	-33°C a 45°C	-33°C a 45°C	-33°C a 45°C	-33°C a 45°C	-45°C a 45°C
Radiación solar		1,120Wm ²	1,120Wm ²	1,120Wm ²	1,120Wm ²	1,120Wm ²

Índice de resistencia al agua y polvo	IP31	IP55	IP55	IP55	IP55	IP55
Índice de ruido	Clase 4.1 a nivel de área protegida					
Peso	32 Kg.	38 Kg.	50 Kg.	85 Kg.	140 Kg.	250 Kg.

Fuente: (Huawei Technologies Co., Ltd., 2018)

En relación al ODF, se analizaron las características de los modelos F01S100 F01S200 F01S300 F01D500 mostrados en el cuadro comparativo de la Tabla 23, donde se consideró la selección de la ODF F01S300 ya que es el indicado para los equipos MA5603T escogido, posee una capacidad de servicio de 384 líneas, permite montaje en poste en muro e instalado en base. Para lo cual se establece 2 niveles de splitteo en relación de 1 a 8 (64 abonados), por lo tanto, en cada armario se alojarán 10 splitters 1x8, obteniendo 320 líneas disponibles para los abonados y permitiendo dejar una reserva por armario de 21 líneas para futuras demandas de clientes.



Figura 45: ODF Huawei F01S300 FTTH a Utilizar en la Población de Otavalo

Fuente: (Huawei Technologies Co., Ltd., 2018)

4.5.3 FDH

La empresa Huawei, presenta splitters de los modelos 1x2 1x4 1x8 1x16 1x32 1x64 mostrados en el cuadro comparativo de la Tabla 23.

Tabla 23: Cuadro Comparativo de las Especificaciones Técnicas de Splitters

Splitter óptico incluido	Ancho de banda de trabajo (nm)	Perdida de inserción (dB)	WDL (dB)	TLD (dB)	Perdida de retorno (dB)	Uniformidad (dB)	PLD (dB)	Directividad (dB)	Potencia (mW)
1:2 FTB	1310±40 y1490±10 y1550±40	≤3.6	≤0.5	≤0.3		≤0.6	≤0.15		≤500
1:4 PLC		≤7.2	≤0.5	≤0.3		≤0.7	≤0.2		
1:8 PLC	1260-1650	≤10.3	≤0.5	≤0.3	≥50 (PC)	≤0.8	≤0.2	≥55	≤300
1:16 PLC		≤13.6	≤0.5	≤0.5	≥55(APC)	≤1.0	≤0.3		
1:32 PLC		≤16.8	≤0.8	≤0.5		≤1.3	≤0.3		
1:64 PLC		≤20.3	≤0.8	≤0.5		≤1.8	≤0.3		
2:2 PLC	1310±40 y1490±10 y1550±40	≤3.6	≤0.8	≤0.3		≤0.6	≤0.15		≤500
2:4 PLC		≤7.5	≤0.8	≤0.5		≤1.2	≤0.2		
2:8 PLC	1260-1650	≤11	≤0.8	≤0.5		≤1.2	≤0.3		≤300
2:16 PLC		≤14.3	≤1.0	≤0.5		≤1.5	≤0.3		
2:32 PLC		≤17.4	≤1.0	≤0.5		≤1.8	≤0.3		

Fuente: (Huawei Technologies Co., Ltd., 2018)

Se consideró la selección del FDH 1x8 con conector SC mostrado en la Figura 46 por poseer una pérdida de inserción (dB) de 10,3dB, una uniformidad de pérdida (dB) de 0,8, una polarización de pérdida dependiente (dB) de 0.2 y longitud de onda pérdida dependiente (dB) de 0.5 que es una gran ventaja por tan solo una diferencia de aproximadamente un 8% en cuanto al costo con otros modelos. Para analizar más a fondo se lo puede observar en el Anexo H.



Figura 46: Serie SPL1202 de divisor óptico

Fuente: (Huawei Technologies Co., Ltd., 2018)

4.5.4 NAP

Existen diversidad de modelos y fabricantes en el mercado, se describen a continuación los modelos que se consideran adecuados para el caso estudio, los GJS03-M8AX-JX-144D, es de la marca Chengdu Qianhong Communication Co.Ltd., el GPJ09-8205 es de Topstone Communication INC. Chaogian, ambos distribuidos en Ecuador por OptyTec y homologados por CTN.

- ***GJS03-M8AX-JX-144D***

Es una cúpula de Fibra Óptica de empalme de cierre (FOSC), con cierres mecánicos para facilidad de instalación y reingreso, y los sellos de los cables cuentan con un exclusivo sistema de amortiguación de goma disponible para muchos tipos de cable de fibra, especialmente para soluciones FTTx. Todos los tamaños están diseñados para usarse con cualquier estructura de cable (tubo de protección suelto, núcleo central, fibra suelta y cinta), en cualquier entorno (antena, montaje en poste, montaje en pared, pedestal, enterrado, orificio para la mano y pozo de inspección), y para numerosas aplicaciones de empalme (expres, derivación y reparación) que ofrece una estanqueidad total (IP 68) en todos los escenarios. El tapón de goma de sellado vulcanizado puede ser personalizado para qué tipo de cable de fibra se utilizará, lo que permite el acceso a medio tramo. Con capacidad de 12, 24, 48, 96, 144 hilos. (Arpatel, 2018).

- **GPJ09-8205**

El modelo GPJ09-8205 ya que está diseñado para sellar sin tornillos, cuenta con un tamaño compacto y la cubierta abatible brinda un funcionamiento sencillo y una función completa. Las bandejas de empalme están unidas con una bisagra en un lado, lo que facilita la operación en cada bandeja. Está diseñado para evitar daños en la operación y garantiza un radio de curvatura mínimo de 30 mm. El cierre es adecuado para la instalación de cables sin cortar, con capacidad para sostener 16 cables blandos o 16 adaptadores, los divisores pueden ser instalado en la bandeja de la cubierta (un divisor 1:16 o dos divisores 1: 8).



Figura 47: NAP Modelo GPJ09-8205

Fuente: (Optytech_CIA. LTDA., 2018)

Este modelo es el escogido, ya que permite cubrir las necesidades con la facilidad de instalación y distribución a un precio asequible, sus características se detallan en el Anexo I. Para lo cual se utilizarán 20 NAPs con salidas de 1 a 16 por cada armario ODF, obteniendo un total de 320 usuarios para cada ONT. Mediante esta configuración se estará estableciendo puertos libres para futuros usuarios, aproximadamente para 166 clientes adicionales.

4.5.5 ROSETA

Estas se ubican en la residencia de cada usuario, se encuentran en el mercado rosetas de 2 puertos con adaptador SC/APC, además de la Roseta FO 2 puertos, modelo OP-FS2S de la marca Optichina, la cual fue elegida por los costos, ya que es la más económica en el mercado, como se muestra en la Tabla 24 y se detalla en el Anexo G.

Tabla 24: Roseta FO2 Puertos Modelo OP-FS2S

 <p>Vista frontal</p>		<p>Descripción: Es un estuche de zócalo especialmente diseñado para aplicaciones en interiores, en viviendas.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Operación simple. • Métodos de terminación flexible y trenzado. • Conector rápido FTTH en sitio 				
		 <p>Vista interior</p>				
Configuración:						
Material	Tamaño (mm)	Capacidad máxima Número de puertos		Peso vacío	Peso cargado	Color
PC+ABS	Al. x An. x La. 105x82x21	SC: 2	LC: 4	0.3 gr.	0.6 gr	Blanco
Código para número de parte:						
Modelo	Capacidad	Tipo	XX: Adaptador	XX: Entorchado		
FFS	2	F	SC: SC/UPC	SC: SC/UPC		
			AL: SC/APC	AL: SC/APC		
			LC: LC/UPC	LC: LC/UPC		
			AL: LC/APC	AL: LC/APC		

Fuente: (Optytech CIA. LTDA., 2018)

4.5.6 ONT

Para la elección del equipo activo ONT, se estable los siguientes requerimientos principales mostrados en la Tabla 25.

Tabla 25: Requerimientos Principales ONT

Tabla De Requerimientos ONT	
Máxima Potencia Transmisión	+ 5 dBm
Mínima Potencia Transmisión	+ 0,5 dBm
Mínima Sensibilidad Recepción	- 27 dBm
Mínima Sobrecarga	- 8 dBm
Mínima Velocidad Transmisión	Downstream: 2.488 Gbps Upstream: 1.244 Gbps
Puertos GE	4 Puertos
Comunicación de Wi-fi	

Fuente: El Autor

Para obtener una completa interoperabilidad de la red se optó por analizar los modelos del mismo fabricante Huawei, ya que permite una facilidad de administración y convergencia.

Para la ONT se analizaron las características de los modelos HG8010H, HG8040H, HG8110H, HG8240H, HG8242H, HG8045Q, HG8245H, HG8245Q, HG8247H, HN8055Q, HN8245Q, mostrados en el cuadro comparativo de la Tabla 26.

Tabla 26: Especificaciones Técnicas Entre Distintas ONT EchoLife

Especificaciones	HG8010H	HG8040H	HG8110H	HG8240H	HG8242H	HG8045Q
Dimensiones (altura x ancho x profundidad)	90 mm × 82 mm × 27 mm	176 mm × 138.5 mm × 28 mm	134 mm × 115 mm × 27 mm	176 mm × 138.5 mm × 28 mm	220 mm × 160 mm × 32 mm	230 mm × 190 mm × 30 mm
Puertos de red	GPON	GPON	GPON	GPON	GPON	GPON
Puertos de usuario	1 GE	4 GE	1 GE + 1POTS	4 GE + 2 POTS	4 GE + 2 POTS + 1 CATV	4 GE + 1 USB + 2.4G and 5G Wi-Fi
Especificaciones	HG8245H	HG8245Q	HG8247H	HN8055Q	HN8245Q	
Dimensiones (altura x ancho x profundidad)	176 mm × 138.5 mm × 28 mm	285 mm × 174 mm × 70 mm	220 mm × 160 mm × 32 mm	238 mm × 190 mm × 26 mm	238 mm × 190 mm × 26 mm	
Puertos de red	GPON	GPON	GPON	XG-PON	XG-PON	
	4 GE + 2 POTS + 1	4 GE + 2 POTS + 2	4 GE + 2 POTS + 1	4 GE + 1 x 10 GE +	4 GE + 2 POTS +	

Puertos de usuario	USB + Wi-Fi	USB + 2.4G and 5G Wi-Fi	USB + Wi-Fi + 1 CATV	2.4G and 5G Wi-Fi + 2 USB	2.4G and 5G Wi-Fi + 2 USB
---------------------------	-------------	-------------------------	----------------------	---------------------------	---------------------------

Fuente: (HUAWEI ONT Terminales EchoLife, 2018)

Se consideró la selección del modelo HG8045Q por ser la más óptima en el diseño y poseer dimensiones de 230 mm × 190 mm × 30 mm, unos puertos de usuario 4 GE + 1 USB + 2.4G y 5G Wi-Fi para las futuras prestaciones de servicios.

En la Tabla 27 se puede observar las características del equipo seleccionados para los usuarios finales, la OLT EchoLife HG8045Q.

Tabla 27: ONT EchoLife HG8045Q - Parámetros

EQUIPO ONT HUAWEI	EchoLife HG8045Q
Dimensiones (L x W x H)	230 mm × 190 mm × 30 mm
Temperatura de entorno operativo	0 °C hasta 40 °C
Humedad relativa	5% hasta 95%
Consumo máximo potencia	18 Watts
Máxima Potencia Transmisión	5 dBm
Mínima Sensibilidad Recepción	-27 dBm
Puertos Internet	4 GE
USB	1 Puerto
Wi-Fi	2,4 GHz(802.11 b/g/n) 5GHz(802.11/n/ac)

Fuente: (HUAWEI ONT ECHOLIFE HG 8045Q, 2018)

4.5.7 Resumen de los Equipos Seleccionados para la red GPON en la Empresa REDECOM.

Los dispositivos que serán parte de la Red Óptica Pasiva GPON, fueron seleccionados en base a diferentes parámetros, entre uno de ellos son los requerimientos de usuarios, es decir mayor velocidad de transmisión, fiabilidad de transmisión y confiabilidad, por lo tanto en base a esto se detallada todos los equipos que son óptimos para red y se presenta un resumen en la siguiente Tabla 28.

Tabla 28: Resumen de Dispositivos para la red GPON-Otavalo

Equipo	Descripción
OLT Huawei MA5603T	Equipo Principal de la red GPON, posee 6 tarjetas con 8 puertos PON, cada uno soporta hasta 128 ONUs con velocidad de Transmisión Downstream: 2.488 Gbps y Upstream: 1.244 Gbps, ofreciendo calidad de servicio y escalabilidad en la red.
ODF F01S300	Posee una capacidad de servicio de 384 líneas, permite montaje en poste en muro e instalado en base.
Splitters 1x8 Serie SPL1202	El FDH 1x8 con conector SC posee una pérdida de inserción (dB) de 10,3dB, una uniformidad de pérdida (dB) de 0,8, una polarización de pérdida dependiente (dB) de 0.2 y longitud de onda pérdida dependiente (dB) de 0.5.
NAP GPJ09-8205	Está diseñado para sellar sin tornillos, cuenta con un tamaño compacto y la cubierta abatible brinda un funcionamiento sencillo y una función completa. Permite establecer 16 salidas para la distribución de los abonados.
Roseta OP-FS2S	Es ubicada en la residencia de cada usuario, posee 2 puertos con adaptador SC/APC.
ONT Huawei HG8045Q	Posee dimensiones de 230 mm × 190 mm × 30 mm, puertos de usuario 4 GE + 1 USB + 2.4G y 5G Wi-Fi para las futuras prestaciones de servicios.
Cable de 12 Hilos de Fibra Óptica (Red Feeder)	Elevado Ancho de Banda con bajas pérdidas y su dispersión modal inexistente, con una fibra de 9/125um la convierte en una fibra idónea para enlaces de media y larga distancia.
Cable de 24 Hilos de Fibra Óptica (Red de Distribución)	Fibra Óptica de 24 hilos, con diámetros de 9,2um (1310nm) y 10,4um (1550nm), con una atenuación menos a 0,36dB/km y 0,25dB/km respectivamente.
Cable Drop de 2 hilos de Fibra Óptica (Red Acceso)	Cable aéreo (1/2 hilos) 2x5mm, homologado por CNT. Cable plano de bajada FTTx con alambre mensajero de acero galvanizado para auto sostenerse.

Fuente: El Autor

Capítulo V

5. Análisis Económico

El análisis económico se realiza con el fin de conocer cuáles han sido los resultados de la empresa a lo largo de un ejercicio (normalmente un año) y saber cuánto ha ganado la empresa durante ese periodo de tiempo, para así conocer en qué aspectos funciona y cuáles planes de inversión se pueden realizar para mejorar. Además, mediante el mismo se conoce cuánto dinero maneja la empresa, estableciendo a detalle sus egresos e ingresos.

5.1. Análisis Financiero

Un aspecto importante para la empresa REDECOM para la toma de decisiones de la implementación de la red de Fibra Óptica mediante la tecnología GPON (FTTH), en el centro de la ciudad de Otavalo diseñada en este trabajo, es el análisis financiero que permitirá determinar la rentabilidad del proyecto mediante una proyección de los egresos e ingresos que percibirá la empresa en un periodo determinado de 5 años. El estudio financiero se realizará a través de indicadores económicos de rentabilidad como el VAN, TIR, PRI y C/B. Los egresos están conformados por varios aspectos, entre los más importantes se tiene: Mano de Obra, instalación de equipos finales, movilización, Internet (Mbps), publicidad, posteria, préstamo al Banco, entre otros. Para los ingresos de la empresa se obtendrán de las mensualidades de la prestación del servicio y los ingresos de instalación de los nuevos clientes con Fibra Óptica, así como también como el costo adicional del cambio del Internet inalámbrico a la nueva Infraestructura.

5.1.1. Estimación de Costos por Egresos

En esta sección se establecerá el análisis de los gastos de la Inversión, así como también los costos por egresos que tiene la empresa anualmente, como por ejemplo: pago del personal, movilidad, equipos, publicidad, pago del préstamo bancario, mantenimientos, depreciaciones, entre otros.

5.1.1.1. Costos de Equipos y Personal para la Red GPON

Los costos de los equipos que se utilizarán en la instalación de la GPON en Otavalo se muestran en la Tabla 29, donde se presenta la lista con el costo unitario y total por equipo. Se puede observar que el costo total de los equipos es de US\$ 225.307,00

Tabla 29: Lista de costos de los equipos GPON de Otavalo.

Equipo	Cantidad	Precio por unidad (US\$)	Total (\$)
OLT MA5603T de Huawei	1	8.200,00	8.200,00
ODF Huawei F01S300 FTTH	6	1.100,00	6.600,00
Splitters Huawei caja FTTH de 1x8	60	12,05	723,00
NAP	120	13,20	1.584,00
Cable de 12 Fibras	70.000 m	1,90	133.000,00
Cable de 24 Fibras	30.000 m	2,44	73.200,00
Herrajes	200	10,00	2.000,00
TOTAL (US\$)			225.307,00

Fuente: Tomado de Empresas Arpatel, Optitech, Ecufiber y ElectroSur

El tiempo de estimado para la ejecución de la obra, de acuerdo a la experiencia de la empresa en este tipo de obras, se muestra en el cronograma de la Tabla 30 donde se indican los tiempos promedios en meses de cada una de las actividades generales a realizar para el desarrollo del proyecto, se puede observar que la ejecución total de la obra para la instalación de la red GPON en Otavalo de seis meses, para cada una de las actividades se estima un mes en la planificación, dos meses en la permisología y revisión de detalles, cuatro meses en la ejecución y simultáneamente a partir del primer mes de ejecución se harán puestas en marcha parciales con una duración total de tres meses.

Tabla 30: Tiempo de ejecución de la obra red GPON Otavalo

ÍTEM	ACTIVIDAD	MESES					
		1	2	3	4	5	6
1	Planificación						
2	Permisología y revisión de detalles						
3	Ejecución						
4	Puesta en marcha						
5	Control						

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

El personal necesario para la ejecución de la obra, se detalla en la Tabla 31, los valores de salario se tomaron de acuerdo a la información suministrada por el Ministerio del Trabajo, en el anexo 1: Estructuras ocupacionales-salarios mínimos sectoriales y tarifas, comisión sectorial No. 12 “tecnología, hardware y software (incluye TICS). Así como también se tomó de referencia los pagos que realiza la Empresa REDECOM, realizando un acumulado de los pagos por décimo tercero y décimo cuarto cada mes.

Tabla 31: Personal necesario para la ejecución de la obra red GPON Otavalo

PERSONAL	CANTIDAD	SALARIO POR MES (US\$)	TOTAL SEMESTRAL (US\$)	TOTAL ANUAL (US\$)
Jefe de área (A1)	1	900,00	5.400,00	10.800,00
Supervisor desarrollo, tecnología y proyectos (B1)	1	700,00	4.200,00	8.400,00
Técnicos de Fibra óptica (C1)	4	493,44	11.842,56	23.685,12
TOTAL (US\$)			21.442,56	42.885,12

Fuente: (Ministerio de Trabajo-TICS, 2019)

Para los siguientes años, se tomó en cuenta la inflación del 1,5% que se establece en el campo laboral como se muestra en la siguiente Tabla 32.

Tabla 32: Pagos anuales del Personal

Inflación	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Total Jefe	10.800,00	10.962,00	11.126,00	11.293,00	11.463,00	55.644,00
Total Área Técnica	32.085,12	32.566,00	33.055,00	33.551,00	24.054,00	165.311,00
Total Personal	42.885,12	43.528,00	44.181,00	44.844,00	45.517,00	220.956,00

Fuente: El Autor

5.1.1.2. Costos de Alquiler de Posteria

Adicionalmente se debe de considerar el costo de la posteria para la colocación de los herrajes y distribución de la Fibra Óptica que está a cargo de la empresa EMELNORTE, por lo tanto el número de postes estimados se muestra en la Tabla 33, así como también el precio de alquiler anualmente con su inflación al 1,5% anual, este cálculo se realizó mediante un análisis de campo, determinando que existen 3 postes por cuadra aproximadamente, por lo tanto se considera que de acuerdo a la distribución de los ODF hacia la OLT, existen un total aproximado de 65 cuadras.

Tabla 33: Costos de Alquiler de Posteria

Inflación	Año t	Descripción	Cantidad	Precio por unidad	Total Anual
1,5%				(US\$)	(US\$)
	Año 0	Alquiler de Posteria (Red Principal)	200	6,06	1.212,00
	(Inversión Inicial)				
	Año 1	Alquiler de Posteria	100	6,06	606,00
1,5%	Año 2	(Usuarios	100	6,15	615,00
1,5%	Año 3	Finales)	100	6,24	624,00
1,5%	Año 4		100	6,34	634,00
1,5%	Año 5		100	6,43	643,00

Fuente: (EmelNorte, 2018)

5.1.1.3 Costo por Movilización de Personal Administrativo

En la Tabla 34 se muestra los gastos de movilización, el costo/hora del vehículo es de 5 USD, teniendo 8 horas laborables se gastará 40 USD diarios, se trabajará de lunes a viernes, por lo que se tendrá 20 días de trabajo por mes. (Gerencia REDECOM, 2018). Se consideró que de acuerdo a la inflación del transporte es del 1,5% anual desde el segundo año.

Tabla 34: Gastos Estimados por Movilización

Inflación 1,5%	Año	Diario (USD)	Días al Mes	Mensual (USD)	Anual (USD)
	Año 1	40,00	20	800,00	9.600,00
1,5%	Año 2	40,00	20	800,00	9.744,00
1,5%	Año 3	40,00	20	800,00	9.890,00
1,5%	Año 4	40,00	20	800,00	10.039,00
1,5%	Año 5	40,00	20	800,00	10.189,00
Total, Gasto Movilización					49.462,00

Fuente: El Autor – REDECOM

5.1.1.4 Costos de Publicidad

Es muy importante estimar costos por publicidad, debido a que REDECOM es una empresa privada necesita obtener la mayor cantidad de usuarios y así de esta manera poder cubrir la inversión inicial. Entre los gastos de publicidad se lo realizara a través de medios de comunicación como la radio, entrega de volantes e incluso colocación de lonas en la posteria del Centro de Otavalo, esto ayudará a que la empresa pueda promocionar el servicio de Internet por Fibra Óptica, obteniendo nuevos clientes, así como también que los actuales que requieran mejorar el servicio lo puedan hacer sin ningún problema. Se ha estimado que para atraer nuevos clientes la empresa REDECOM realizará un gasto de publicidad que será parte de la inversión inicial sobre todo por penetración del mercado y para los siguientes años este costo de publicidad será menor en 50% y se aplicaran otras estrategias de publicidad, como se muestra en la siguiente Tabla 35.

Tabla 35: Costos De Publicidad

Inflación	Año t	Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Costo	Total
1,5%				Unidad(USD)	Mensual	anual(USD)	(USD)
					(USD)		
		Lonas de					
	Inversión	Publicidad	100	10,00		1.000,00	
	Inicial	1m x 1m					4.105,00
		Volantes	2.000	0,0525		105,00	
		Cuña Radial	6 meses	500,00		3.000,00	
	Año 1	Volantes	1.000	0,05	50,00	600,00	
		Cuña Radial	12 veces	25,00	300,00	3.600,00	4.200,00
1,5%	Año 2	Volantes	1.000	0,05	50,00	600,00	
		Cuña Radial	12 veces	25,00	300,00	3.600,00	4.263,00
1,5%	Año 3	Volantes	1.000	0,05	50,00	600,00	
		Cuña Radial	12 veces	25,00	300,00	3.600,00	4.327,00
1,5%	Año 4	Volantes	1.000	0,05	50,00	600,00	
		Cuña Radial	12 veces	25,00	300,00	3.600,00	4.392,00
1,5%	Año 5	Volantes	1.000	0,05	50,00	600,00	
		Cuña Radial	12 veces	25,00	300,00	3.600,00	4.458,00
		Costo Total Publicidad en cinco años					21.640,00

Fuente: Tomado de Gerencia REDECOM y Publicidad Ibarra

5.1.1.5. Costo Total de Inversión

Los costos totales para la implementación de la red GPON proyectada para el centro de la ciudad de Otavalo se muestran en la siguiente Tabla 36. Este costo para la empresa REDECOM representa la inversión inicial para la implementación de la Red GPON.

Tabla 36: Costos Totales de Inversión

Detalle	Gastos
Equipos de Implementación	225.307,00
Total del Personal 6 Meses	21.443,00
Alquiler de Posteria	1.212,00
Movilización/ Transporte	4.800,00
Publicidad	4.105,00
Presupuesto Total del Proyecto (US\$)	256.867,00

Fuente: El Autor

5.1.1.6 Costos de Mantenimiento

Las empresas operadoras de servicios de telecomunicaciones, se estiman adicionalmente costos por mantenimiento, los cuales en los primeros cinco años están por el orden del 5% de los costos de la red. En la Tabla 37 se muestra los costos por mantenimiento de acuerdo a la inflación anual del 1,5%.

COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACION DE LA RED = US\$ 256.867,00

5% COSTO DE MANTENIMIENTO = US\$ 12.843,35

Tabla 37: Costos de Mantenimiento

Inflación	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	Total
Año t	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Mantenimiento	12.843,35	13.036,00	13.232,00	13.430,00	13.631,00	66.172,00

Fuente: El Autor

5.1.1.7 Costos de Arriendo y Capacitación

Los costos de arriendo y capacitación se tomaron en referencia de acuerdo al despliegue de red óptica pasiva, así como también datos obtenidos de la empresa REDECOM. En la Tabla 38 se muestra los gastos de estos indicadores así como también su inflación anual del 1,5%.

Tabla 38: Costos de Arriendo y Capacitación

Inflación		1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
Año t	Mensual	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Arriendo	500	6.000,00	6.090,00	6.181,00	6.274,00	6.378,00
Capacitación	200	2.400,00	2.436,00	2.473,00	2.510,00	2.547,00
Total (USD)		8.400,00	8.526,00	8.654,00	8.784,00	8.925,00

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

5.1.1.8 Costos del Alquiler del Internet y de Instalación de los Equipos Finales

De acuerdo a lo obtenido en el crecimiento poblacional por año, se toma en cuenta los materiales que serán parte del usuario final, en este caso las Rosetas, ONT y el cable Drop de dos hilos, estos precios no fueron tomados en la inversión inicial ya que de acuerdo a lo establecido se empezará a instalarse en el año 1, en la Tabla 39 se puede observar el costo por usuario que tiene la empresa al instalar con Fibra Óptica.

Tabla 39: Costo de Equipos Finales

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Roseta	1	13,20	13,20
ONT	1	58,22	58,22
Cable Drop	200 m	0,20	40,00
Precio Unitario			111,42

Fuente: El Autor

Para el costo del Megabyte en Fibra Óptica, De acuerdo a la investigación realizada se determinó que la empresa REDECOM ha decidido, que para brindar un mejor servicio de Internet por Fibra Óptica a sus usuario, la compartición del Internet sea de 2:1 por el motivo de que desea captar más clientes en vista que las empresas de la competencia hacen la compartición en algunos casos de 4:1 y hasta 8:1 de acuerdo a los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación. También se pudo determinar que el costo por Megabyte de Internet que le cuesta a la Empresa por cliente es de 10,41 en compartición de 2:1 con una velocidad de 10 Mbps, dato que se obtuvo del área financiera de REDECOM (REDECOM, 2019). Igualmente mediante datos obtenidos por la empresa el costo del Internet inalámbrico es de aproximadamente de \$ 5,205 por usuario. De acuerdo a la inflación anual que se da tanto en los costos del Internet como en los equipos finales se determinó que radica del 1,0% como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40: Costos del Internet y de Instalación

Inflación	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
P1:Servicio de Internet por Fibra Óptica	10,41	10,51	10,62	10,73	10,83
P2:Servicio de Internet Inalámbrico	5,21	5,26	5,31	5,36	5,42
P3:Inatalacion a Fibra Óptica Nuevos Clientes	111,42	112,53	113,66	114,80	115,94
P4: Instalación Cambio Inalámbrico a Fibra Óptica	111,42	112,53	113,66	114,80	115,94

Fuente: El Autor - REDECOM

Con los precios obtenidos en la Tabla 41 y con las encuestas realizadas a la población de Otavalo, se presenta los siguientes costos anuales, como se presenta en la Tabla 40 del año1.

Tabla 41: Costo anual del Internet e Instalación

Usuarios	Costo Mensual	Total costo anual (USD)
-----------------	----------------------	--------------------------------

P1:Servicio de Internet por Fibra Óptica	126	10,41	15.739,92
P2:Servicio de Internet Inalámbrico	1645	5,205	10.2746,70
P3:Inatalacion a Fibra Óptica Nuevos Clientes	26	111,42	2.896,92
P4: Instalación Cambio Inalámbrico a Fibra Óptica	100	111,42	11.142,00
Total (USD)			132.525,54

Fuente: El Autor - REDECOM

Para el Año 2 los costos de instalación y alquiler del Megabyte se tiene en la Tabla 42 a continuación.

Tabla 42: Costo anual del Internet e Instalación Año 2

	Usuarios	Costo Mensual	Total costo anual (USD)
P1:Servicio de Internet por Fibra Óptica	527	10,51	66.491,17
P2:Servicio de Internet Inalámbrico	1271	5,26	80.180,53
P3:Inatalacion a Fibra Óptica Nuevos Clientes	27	112,53	3.038,42
P4: Instalación Cambio Inalámbrico a Fibra Óptica	374	112,53	42.087,79
Total (USD)			191.797,91

Fuente: El Autor - REDECOM

Para el Año 3 los costos de instalación y alquiler del Megabyte se tiene en la Tabla 43 a continuación.

Tabla 43: Costo anual del Internet e Instalación Año 3

	Usuarios	Costo Mensual	Total costo anual (USD)
P1:Servicio de Internet por Fibra Óptica	1352	10,62	172.286,57
P2:Servicio de Internet Inalámbrico	473	5,31	30.137,41
P3:Inatalacion a Fibra Óptica Nuevos Clientes	27	113,66	3.068,81

P4: Instalación Cambio Inalámbrico a Fibra Óptica	798	112,53	90.700,31
Total (USD)			296.193,09

Fuente: El Autor - REDECOM

Para el Año 4 los costos de instalación y alquiler del Megabyte se tiene en la Tabla 44 a continuación.

Tabla 44: Costo anual del Internet e Instalación Año 4

	Usuarios	Costo Mensual	Total costo anual (USD)
P1:Servicio de Internet por Fibra Óptica	1853	10,73	238.490,74
P2:Servicio de Internet Inalámbrico	0	5,36	0,00
P3:Inalacion a Fibra Óptica Nuevos Clientes	28	114,80	3.214,29
P4: Instalación Cambio Inalámbrico a Fibra Óptica	473	114,80	54.298,57
Total (USD)			296.003,60

Fuente: El Autor - REDECOM

Terminando con el año 5 los costos de instalación y alquiler del Megabyte se tiene en la Tabla 45 a continuación.

Tabla 45: Costo anual del Internet e Instalación Año 5

	Usuarios	Costo Mensual	Total costo anual (USD)
P1:Servicio de Internet por Fibra Óptica	1882	10,83	244.645,42
P2:Servicio de Internet Inalámbrico	0	5,42	0,00
P3:Inalacion a Fibra Óptica Nuevos Clientes	29	115,94	3.362,38
P4: Instalación Cambio Inalámbrico a Fibra Óptica	0	115,94	0,00
Total (USD)			248.007,80

Fuente: El Autor - REDECOM

5.1.1.9 Depreciaciones

Es muy importante y esencial considerar los costos de depreciaciones de los equipos de la red GPON, que en este proyecto será para los cinco años, por lo tanto los equipos a estimar de acuerdo a la página oficial del SRI (SRI, 2019), depreciaciones de equipos tecnológicos es del 20%, como se muestra en la siguiente Tabla 46.

Tabla 46: Costo de Depreciaciones

Descripción	Costo	Depreciación Anual
Herrajes	2.000,00	400,00
Equipamiento	14.800,00	2.960,00
NAP	1.584,00	317,00
Splitters	723,00	145,00
Total en Depreciaciones		3.821,00

Fuente: (SRI, 2019)

5.1.2. Estimación de Ingresos

Para los cálculos de Ingresos, se obtienen de los costos de instalación de los clientes de nuevos usuarios con Fibra óptica, como también el pago de la diferencia de los actuales clientes inalámbricos a la nueva Red de Fibra Óptica y el ingreso mensual del servicio de Internet que ofrece la empresa a todos sus abonados.

5.1.2.1 Costos de Instalación y Prestación del Servicio de Internet

Es importante recalcar que para la empresa REDECOM el costo de instalación de Fibra Óptica por usuario representa un ingreso adicional, por lo tanto mediante la tasa de crecimiento anual se pudo verificar que para los nuevos usuarios el precio es de \$120, mientras que para los usuarios que se encuentran actualmente con el servicio con antena es de \$48,80. (REDECOM, 2019), de esta manera el costo de instalación contribuye a incrementar ingresos adicionales para la empresa. Para poder determinar el número exacto de abonados que se cambiarán a Fibra Óptica se tomará como referencia la encuesta realizada

con respecto al nivel de satisfacción que los clientes tienen por el plan de Internet adquirido, de tal manera que el 5,71% se encuentran muy insatisfechos, el 21,4% poco satisfechos, el 45,7% satisfechos y con un 27,1% muy satisfechos. Por lo tanto se concluye que los abonados que tienen el porcentaje con menor satisfacción migraran a la red de GPON en el primer año, en el siguiente año los abonados que se encuentran poco satisfechos, para el tercer año los abonados que se encuentran satisfechos y para el cuarto año los abonados muy satisfechos. Para el quinto año se establece que la proyección será de acuerdo a la tabla 9: Demanda estimada de usuarios.

En la siguiente Tabla 47 se observa más detallado los abonados estimados en los próximos cinco años tanto para el servicio de Internet como la instalación.

Tabla 47: Estimación de Usuarios de Fibra Óptica e Inalámbrica

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
P1:Servicio de Internet por Fibra Óptica	126	527	1.352	1.853	10,83
P2:Servicio de Internet Inalámbrico	1.645	1.271	473	0	0
P3:Inatalacion a Fibra Óptica Nuevos Clientes	26	27	27	28	29
P4: Instalación Cambio Inalámbrico a Fibra Óptica	100	374	798	473	0

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

Para la estimación de los costos del servicio de Internet Inalámbrico y de Fibra Óptica, así como también la instalación de los clientes nuevos y el cambio del servicio, se detalla en la siguiente Tabla 48. Tomando en cuenta la inflación anual de 1,5%.

Tabla 48: Precios del Servicio de Internet e Instalación

Inflación	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5

P1:Servicio de Internet por Fibra Óptica	30,00	30,45	30,91	31,37	31,84
P2:Servicio de Internet Inalámbrico	20,00	20,30	20,60	20,91	21,23
P3:Inatalacion a Fibra Óptica Nuevos Clientes	120,00	121,80	123,63	114,80	115,94
P4: Instalación Cambio Inalámbrico a Fibra Óptica	48,80	112,53	113,66	114,80	115,94

Fuente: (Gerencia REDECOM, 2019)

Por lo tanto en base a los precios establecidos del servicio de Internet tanto inalámbricos como de Fibra Óptica, así como también los costos de instalación y cambio del servicio se obtienen los siguientes costos como se muestra en la siguiente Tabla 49.

Tabla 49: Costos de Ingresos por Servicio e Instalación

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
P1:Servicio de Internet por Fibra Óptica	45.360,00	192.565,80	501.431,11	697.551,13	719.095,03
P2:Servicio de Internet Inalámbrico	394.800,00	309.615,60	116.951,14	0,00	0,00
P3:Inatalacion a Fibra Óptica Nuevos Clientes	3.120,00	3.288,60	3.337,93	3.513,48	3.693,55
P4: Instalación Cambio Inalámbrico a Fibra Óptica	4.880,00	18.524,97	40.119,43	24.136,77	0,00
Total Ingresos	448.160,00	523.994,97	661.839,62	725.201,38	722.788,58

Fuente: El Autor

5.1.3. Estado de Resultados Projectados

En la Tabla 50 se muestra todos los ingresos y egresos que se ha realizado durante la proyección de 5 años de la empresa REDECOM.

Tabla 50: Estado de Resultados Projectados

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Ventas	448.160,00	523.994,97	661.839,62	725.201,38	722.788,58	3.081.984,54
(-) Costo de Internet e Instalación	132.525,54	191.797,91	296.193,09	296.003,60	248.007,80	1.164.527,94
(=) Utilidad en Ventas	315.634,46	332.197,06	365.646,52	429.197,77	474.780,78	1.917.456,59
(-) Gasto Personal	42.885,12	43.528,40	44.181,32	44.844,04	45.516,70	220.955,59
(-) Gastos Administrativos	35.649,33	36.184,07	36.726,83	37.277,73	37.836,90	183.674,85
(=) Utilidad Operativa	237.100,01	252.484,59	284.738,37	347.076,00	391.427,18	1.512.826,16
(-) Depreciación	3.821,40	3.821,40	3.821,40	3.821,40	3.821,40	19.107,00
(-) Gastos Financieros	52.470,56	52.470,56	52.470,56	52.470,56	52.470,56	262.352,82
(=) Utilidad del Ejercicio	180.808,05	196.192,63	228.446,41	290.784,04	335.135,21	1.231.366,34
(-) Participación Laboral 15%	27.121,21	29.428,89	34.266,96	43.617,61	50.270,28	184.704,95
(-) Impuesto a la Renta	38.421,71	41.690,93	48.544,86	61.791,61	71.216,23	261.665,35
(=) Utilidad a Distribuir	115.265,13	125.072,80	145.634,58	185.374,82	213.648,70	784.996,04

Fuente: El Autor

5.1.4. Flujo de Efectivo Projectado

Para el Flujo Projectado se tomará en cuenta la utilidad Neta y el valor de las Depreciaciones como se muestra en la siguiente Tabla 51.

Tabla 51: Flujo de Efectivo Projectado

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
-------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Inversión Inicial	256.867,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad Neta	0,00	115.265,13	125.072,80	145.634,58	185.374,82	213.648,70
(+) Depreciación	0,00	3.821,40	3.821,40	3.821,40	3.821,40	3.821,40
Flujo Neto de Operación	0,00	119.086,53	128.894,20	149.455,98	189.196,22	217.470,10

Fuente: El Autor

5.1.3. Indicadores De Rentabilidad

5.1.3.1. Flujo Activo Neto (FAN)

El Flujo Activo Neto vamos a obtener de los valores expresados de acuerdo a un tiempo determinado, en este caso el de un año, por lo tanto se realizará la operación entre los Egresos anuales y los Ingresos anuales, obteniendo de esta manera un valor estable en el proyecto, en la siguiente Tabla 52 se muestra el Flujo Activo Neto que ha tenido la empresa REDECOM.

Tabla 52: Flujo Activo Neto (FAN)

Año t	FAN(Flujo Activo Neto) US\$
1	119.086,53
2	128.894,20
3	149.455,98
4	189.196,22
5	217.470,10

Fuente: El Autor

5.1.3.2. Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto es el valor actualizado de flujos de fondos en el futuro estimada mediante el descuento de todos los flujos de caja futuros del proyecto. El VAN del proyecto se obtiene restando la inversión inicial a los flujos de caja futuros (Catañer, 2014). Este indicador financiero permite determinar la rentabilidad de un proyecto partiendo con una

inversión inicial que en este caso es el costo total de la implementación de la red y todos los ingresos que se obtendrán a futuro. Si el VAN es positivo se establece que el proyecto es viable y si es negativo es inviable. Cuando el VAN es cero el proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias. El VAN se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{FAN}}{(1+i)^t} - I_0 \quad [5]$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial

FAN = Flujos Activos Netos

t = Periodo de Tiempo

i = tasa de interés anual, cuyo valor fue tomado del sector Productivo Empresarial.

(Banco Central del Ecuador, Enero 2019).

$$\text{VAN} = \frac{119.086,53}{(1 + 0,0984)^1} + \frac{128.894,20}{(1 + 0,0984)^2} + \frac{149.455,98}{(1 + 0,0984)^3} + \frac{189.196,22}{(1 + 0,0984)^4} + \frac{217.470,10}{(1 + 0,0984)^5} - 256.867,00$$

$$\text{VAN} = \frac{119.086,53}{1,0984} + \frac{128.894,201}{1,2064} + \frac{149.455,98}{1,3252} + \frac{189.196,22}{1,4556} + \frac{217.470,10}{1,5988} - 256.867,00$$

$$\text{VAN} = 108.418,18 + 106.842,01 + 112.779,94 + 129.978,16 + 136.020,87 - 256.867,00$$

$$\text{VAN} = \text{US\$ } 337.172,16$$

Como el $\text{VAN} > 0$ el proyecto es factible, por lo que se concluye que es viable para la empresa REDECOM sin ningún problema.

5.1.3.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR es un indicador económico el cual permite establecer el porcentaje de rentabilidad del proyecto de acuerdo a los flujos netos generados en un tiempo determinado, para este caso de estudio el tiempo estimado es de cinco años y se debe de igual manera la inversión inicial para su cálculo respectivo.

De acuerdo a Castañer (Castañer, 2014), la TIR representa la rentabilidad promedio por periodo generada por un proyecto de inversión, así como también es la tasa de descuento requerida para que el Valor Actual Neto sea igual cero. Mediante esta fórmula de la TIR se puede determinar si la inversión del proyecto será rentable o no, ya que si el resultado es muy bajo se considerará que el proyecto no es viable para su implementación.

La TIR según Castañer (Castañer, 2014), se la calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TIR} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{FAN}}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \quad [6]$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial

FAN = Flujos Activos Netos

t = Periodo de Tiempo

r = Tasa de Interés

$$\begin{aligned} \text{TIR} = & \frac{119.086,53}{(1+r)^1} + \frac{128.894,201}{(1+r)^2} + \frac{149.455,98}{(1+r)^3} + \frac{189.196,22}{(1+r)^4} + \frac{217.470,10}{(1+r)^5} \\ & - 256.867,00 = 0 \end{aligned}$$

TIR=48%

Con la ayuda del software de Excel se pudo determinar que la TIR es de 48%, con este valor obtenido se puede concluir que el proyecto es rentable para su ejecución, ya que es mayor del 16% de la tasa de interés que ofrece el Banco.

5.1.3.4. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

Con este indicador se determina el tiempo necesario para recuperar el capital invertido. El PRI se determina comparando los flujos netos obtenidos por año y la inversión inicial. Como se observa en la Tabla 53: Periodo de Recuperación de la Inversión, los valores requeridos se encuentran dentro de los 5 primeros años, por lo tanto, se considera el proyecto viable.

Tabla 53: Período De Recuperación De La Inversión (PRI)

Años	Flujos Netos (USD)	Recuperación Inversión (USD)
Inversión Inicial	-256.867,00	-256.867,00
Año 1	119.086,53	-137.780,47
Año 2	128.894,20	-8.886,27
Año 3	149.455,98	+ 140.569,71
Año 4	189.196,22	+ 329.765,93
Año 5	217.470,10	+ 547.236,03

Fuente: El Autor

$$\text{PRI} = -256.867,00 + 119.086,53 + 128.894,20 = - 8.886,27$$

$$\text{PRI} = 8.886,27 / 149.455,98 = 0.059$$

$$\text{PRI} = 3 + 0,059$$

$$\text{PRI} = 3,059$$

$$\text{PRI} = 3 \text{ Años y } 21 \text{ días}$$

Con estos datos obtenidos, se concluye que el proyecto es totalmente factible, ya que debido a los ingresos obtenidos, se pudo verificar que la recuperación de la inversión debe ocurrir aproximadamente a los 3 años y 21 días que la Red GPON se encuentre en operatividad.

5.1.3.5. Costo/Beneficio

La inversión en un proyecto piloto para una organización generalmente está llena de oportunidades con un abanico de amplios resultados. La técnica de análisis Costo/Beneficio (C/B) es una herramienta administrativa que mide la relación entre los costos y los beneficios inherentes a un proyecto con la finalidad de constatar su rentabilidad. Es importante

mencionar que la inversión en un proyecto no solo involucra el inicio de un nuevo negocio sino hay que tomarla como inversiones dinámicas que se pueden ir realizando en marcha y así poder desarrollar nuevos productos o adquirir nuevos equipos.

Estudiemos entonces la relación Costo – Beneficio (C/B) que también es conocida como Índice Neto de Rentabilidad (INR), según Castañer (Castañer, 2014), para obtener el resultado de viabilidad del proyecto se aplica la siguiente formula:

$$\frac{B}{C} = \frac{I}{C+I_0} \quad [7]$$

Donde:

I = Ingresos Totales Actuales

C = Costos Totales Actuales

I_0 = Inversión inicial

Por lo tanto de la Tabla 50 se obtiene I=Ingresos Totales Actuales, así como también C=Costos Totales Actuales y de la tabla 36 se puede obtener I_0 =Inversión Inicial.

$$\frac{B}{C} = \frac{3.081.984,54}{1.831.511,20 + 256.867,00}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{3.081.984,54}{2.088.378,20}$$

$$\frac{B}{C} = 1,47$$

Como $(C/B) > 1$, podemos afirmar que nuestra RED GPON es rentable en los próximos 5 años; de manera tal que la empresa REDECOM por cada dólar invertido se obtendrá 1.47\$. En ese mismo orden de ideas podemos decir que el análisis de la relación C/B tiene como esencia el llevar al máximo posible la cuantificación de los beneficios y costos en términos monetarios; En nuestro proyecto se beneficiaran socialmente 1,882 clientes con una inversión del 30% de capital privado y un 70% de financiamiento bancario.

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

Una vez realizado este trabajo de investigación podemos mencionar las siguientes conclusiones:

- En el Cantón Otavalo el crecimiento poblacional es de $i=1,52\%$ anual lo que significa que para el año 2020 se espera obtener un total de habitantes de 125.785 y siendo una ciudad con gran actividad económica tanto comercial, industrial y tecnológica, por lo que la red ya no abastecerá a todos los requerimientos de los abonados, por lo tanto, necesita la empresa renovar su tecnología a GPON, de esta manera obtendrá satisfacción de los clientes y esta infraestructura soportará las demandas futuras.
- En el centro de la ciudad de Otavalo como es un sector urbano se consideró la tecnología GPON (FTTH) ya que es la idónea para cubrir los diferentes servicios de los usuarios que hoy por hoy demandan de un gran ancho de banda, de esta manera la velocidad estimada será de 10Mbps, con una compartición de 2:1 permitiendo a los usuarios navegar fluidamente sin problemas cualquier aplicación o servicio de Internet.
- De acuerdo a la encuesta realizada a los clientes REDECOM, se determinó que los planes más cotizados son los que tienen de 2Mbps y 3Mbps, con un precio de 16,80 y 22,40 respectivamente, pero que el servicio no era muy estable y tienen dificultades al navegar, por lo que se consideró mediante la tecnología FTTH aumentar la velocidad a 10Mbps con un precio considerado de 30\$.
- El Diseño de Red se realizó mediante la estimación de la demanda actual, obteniendo un total de abonados para los 5 años de 1882, lo que significa una gran estimación de ingresos para la empresa, además en la selección de los equipos se realizó mediante requerimientos de los usuarios y futuras prestaciones, es decir estableciendo puertos libres para otros nuevos clientes.

- Para el presupuesto de enlace, se realizó los cálculos para las dos longitudes de onda de 1310nm y 1490nm, estableciendo los datos para el enlace más lejano y el enlace más corto, de esta manera se obtuvo la atenuación total para el caso en las peores condiciones, obteniendo para el enlace de Upstream un margen del sistema de 6,664dB y para el enlace de Downstream de 8,048dB, lo que resulta muy estable y óptimo para la red GPON en la ciudad de Otavalo.
- Los equipos que conforman la red Óptica Pasiva fueron seleccionados en base a los requerimientos de acceso al servicio de Internet que tiene la población y a futuras prestaciones tecnológicas, es por tal razón que el equipo Principal OLT, es robusto ya que permite ofrecer escalabilidad, fiabilidad, disponibilidad y mayor velocidad de transmisión, de igual manera el equipo del abonado final ONT, tiene características esenciales que sirven para soportar la demanda de los usuarios.
- Mediante la Investigación de este proyecto, se pudo determinar que la tecnología GPON ofrece grandes beneficios para los usuarios, estableciendo un enlace punto a punto mediante Fibra Óptica, haciendo que sea seguro y de altas velocidades de propagación. Por lo tanto, mediante el análisis se determinó que en costos de despliegue resulta la inversión un costo muy elevado de aproximadamente 250.000,00, pero de acuerdo a los beneficios que se obtiene, se recupera la inversión sin ningún problema, ya que los usuarios necesitan un buen servicio y optarán por contratar el Internet por Fibra Óptica.
- El proyecto de investigación mediante el análisis financiero resulta muy estable y óptimo, ya que la inversión se la recupera al iniciar el tercer año de que la Red de Fibra Óptica se encuentre operativa, ya que cuenta con una gran cantidad de usuarios, obteniendo mayores ingresos tanto de instalación como del servicio del Internet. Con los Indicadores económicos de rentabilidad se concluye que el proyecto es completamente viable, detallando que el VAN su resultado es > 0 , el TIR se obtiene de un 48% y mediante el Costo/Beneficio se obtiene que por cada dólar que invierta la Empresa REDECOM se obtendrá \$1,47.

- Finalmente, considerando el lugar centro de Otavalo, el estándar, arquitectura y topología seleccionada FTTH y las características en general del diseño, se resume que la red GPON diseñada es dúctil, escalable, viable y con un ancho de banda admisible para dar servicio de internet.

6.2. Recomendaciones

- Las encuestas elaboradas a la población de Otavalo, se realizaron personalmente ya que de esta manera se consideró que era la forma más idónea para los usuarios REDECOM, pero se necesitó mucho tiempo, por lo que se recomienda que se realicen de manera online para cumplir con mayor índice de efectividad los requerimientos de los usuarios en relación al servicio de Internet y optimizar tiempo en el proceso del análisis de abonados.
- Se recomienda conocer los equipos principales que conformarán de extremo a extremo la Red de Fibra Óptica, es decir la OLT (Equipo Principal) y la ONT (Equipo Final de Usuarios), para que el diseño se lo realice en base a requerimientos de los usuarios como también sobre las futuras demandas de la población de Otavalo y de esta manera establecer una convergencia idónea en toda la red de transmisión.
- Al trabajar con Fibra Óptica, se debe manipular con mucho cuidado ya que se puede romper e incluso si no se realiza una buena conexión, podría existir fallas en la red, obteniendo pérdidas de transmisión.
- En su implementación de la red Óptica Pasiva, se debe tomar en cuenta mediciones reales en cada sección principal de distribución para obtener una potencia optima en cada uno de los usuarios, existiendo una conexión fiable sin problemas de perdida de señal y además anomalías que se pueden presentar.
- Se recomienda realizar estudios de calidad de servicio (QoS) con el fin de ir implementando acciones que lleven a la Empresa REDECOM a mejorar la prestación del servicio e innovando nuevos servicios de Telecomunicaciones.

- Se recomienda que, al realizar las instalaciones de los abonados, se establezca una medición de potencia con el Power Meter, para obtener una referencia de las pérdidas en (-dB) y de esta manera comprobar con valores aproximados la conexión realizada, esto nos permitirá verificar si esas pérdidas son las adecuadas o existen congruencias en la instalación.

Referencias Bibliográficas

- (TIA), T. I. (Octubre de 2017). *Datasheet de Conectores*. Obtenido de <https://www.corning.com/catalog/coc/documents/generic-specifications/PGS028.pdf>
- 802.3av, I. S. (2009). *Red óptica pasiva Ethernet a 10 Gbit/s*.
- Acosta, C. (2012). *Diseño Técnico de la red de acceso para la empresa ARCLAD S.A, mediante tecnología FTTx (Fiber To The X), a través de la infraestructura de red de CNT E.P. y criterios de instalación*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- ARCOTEL. (2019). *Normativa de distribución y acceso para Redes GPON* . Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/>
- ARCOTEL-2015-0568. (2015). *NORMA TÉCNICA PARA EL DESPLIEGUE Y TENDIDO DE REDES FÍSICAS AÉREAS DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, SERVICIOS DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN (MODALIDAD CABLE FÍSICO) Y REDES PRIVADAS*. Recuperado el 12 de Mayo de 2018, de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Literal-a2-Base-legal-que-rige-a-la-institucion-AGOSTO20171.pdf>
- ARPATEL. (2018). *Herramientas de Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://www.arpatel.com.ec/categoria-producto/equipos-herramientas/>
- Barcenás, N., Herrera, S., & Ugalde, L. (2008). *Diseño y optimización del enlace de comunicaciones entre los cabos y Puerto Vallarte por medio de fibra óptica submarina*. Recuperado el 13 de Abril de 2018, de Escuela superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco.: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2973/DISENOYOPTIMIZACION.pdf?sequence=1>
- Blanco, A. (2014). *Estudio de las redes FTTH y despliegue de una red FTTH en el barrio de los Bermejales, Sevilla*. Sevilla : Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla.
- Bolaños, H. (s.f.). *Análisis de la demanda actual y futura de acceso a la banda ancha en el cantón Antonio Ante y propuesta de diseño de una red óptica pasiva (PON) para la empresa CNT E.P. como solución a futuras demandas*. Recuperado el 24 de Abril de 2018, de Universidad Técnica del Ecuador: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6449/3/ARTICULO.pdf>

- Castañer, J. (2014). *Análisis de Costo Beneficio Ejemplos de Analisis*. México.
- Commscope. (2018). *Proceso de tendido de Fibra Óptica*. Obtenido de <https://es.commscope.com/Product-Catalog/Networking-Systems/Product/Powered-Fiber-Cable-Systems/>
- Earth, G. (2018). *Localización de los ODF en el sector de Otavalo*. Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- Ecuador, B. C. (Febrero de 2019). *Tasa de Interes* . Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- ECUFIBER. (2018). *Proveedores de Cable de Fibra Óptica*. Obtenido de <https://guiamec.com/guayaquil/proveedor-de-fibra-optica/distribuidor-ecufiber.html>
- EmelNorte. (2019). *Precios de Alquiler de Posteria para Redes Ópticas Cableadas*. Obtenido de <http://www.emelnorte.com/eern/>
- Escobar, R. (2013). *Redes PON*. Obtenido de http://www.atvc.org.ar/pdf/jornadas-internacionales/2013/raul_escobar.pdf
- Fibermax, S. (2018). *Características Técnicas de Splitters*,. Obtenido de <http://www.fibermax.pe/pdf/datasheets/DS%20-%20Splitters%20Opticos%20PLC%20%20General%2004-2018.pdf>
- Fibreopticbox. (29 de Enero de 2019). *Caja de Distribucion* . Obtenido de <http://www.fibreopticbox.com/sale-3827279-24-core-fiber-optic-distribution-box-cabinet-12-port-outdoor-cable-termination-box>.
- Frenzel, L. (2014). *What's the difference between EPON and GPON optical fiber Networks*. Recuperado el 13 de Abril de 2018, de <http://www.electronicdesign.com/what-s-difference-between/what-s-difference-between-epon-and-gpon-optical-fiber-networks>
- Furukawa, I. (2018). *Características de Funcionamiento de OLT GPON FK-OLT-G2500*.
- G.652, U.-T. (2016). *Características de las fibras y cables ópticos monomodo* . UIT-T Recommendation G.652.
- G.7041, U.-T. (2003). *Generic framing procedure*. Recommendation UIT-T G.7041.
- G.957a1, U.-T. (2006). *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona*. Standard UIT-T G.957.

- G.984.1, I.-T. (2003). *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General Characteristics*.
- G.984.2, I.-T. (2003). *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Medios Físicos Dependientes*. IUT-T Recommendation G.984.2.
- G.984.3, I.-T. (2014). *Convergencia de Transmisión*. UIT-T Recommendation G.984.3.
- G.984.4, I.-T. (2011). *Gestión ONT Especificación de la Interfaz de Control*. UIT-T Recommendation G.984.4.
- G.984.5, I.-T. (2014). *Mejoramiento de Banda*. UIT-T Recommendation G.984.5.
- G.987, U.-T. (2012). *Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit*. UIT-T Recommendation G.987.
- G.989, U.-T. (s.f.). *Redes ópticas pasivas con capacidad de 40 Gigabits (NG-PON2)*. UIT-T Recommendation G.989.
- García, A. (2014). *GPON y GPON Doctor Introducción y Conceptos Generales*. Recuperado el 24 de Abril de 2018, de Empresa Telnet-ri: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- Globenetcorp. (2018). *Redes Ópticas GPON*. Obtenido de <https://www.globenetcorp.com/es/elblog/gpon-redes-opticas-capacidad-gigabit/>
- Guarachi, G. (2016). *Diseño de una Red de Fibra óptica de Banda Ancha para el Sector de Mayor Demanda de Ciudad Satélite*. Bolivia : Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Tecnología .
- Heath, W. (28 de Enero de 2018). *Conectores de Fibra Óptica*. Obtenido de <https://www.conectronica.com/fibra-optica/conectores-de-fibra-optica>
- Huawei, C. L. (2018). *Especificación Técnica OLT SmartAX serie MA5603t*. Obtenido de <https://e.huawei.com/en/products/fixed-network/access/olt/ma5603t>
- Huawei, C. L. (2018). *Especificaciones Técnicas de Huawei OLT SmartAX Serie MA5600*. Obtenido de <https://e.huawei.com/mx/products/fixed-network/access/olt/ma5600t>
- Huawei, C. L. (2018). *Especificaciones Técnicas de Splitters*. Obtenido de <https://www.huawei.com/en/mobile/enterprise/products/network/fiber/splitter/hw-188692.htm>
- Huawei, C. L. (2018). *Especificaciones Técnicas Huawei OLT SmartAX Serie MA5800*. Obtenido de <https://e.huawei.com/mx/products/fixed-network/access/olt/ma5800t>

- Huawei, C. L. (2018). *Especificaciones Técnicas ODF*. Obtenido de <https://e.huawei.com/mx/products/fixed-network/access/facilities/outdoor-cabinet>
- Huawei, C. L. (s.f.). *Huawei ONT Terminales Echolife*. Obtenido de <https://e.huawei.com/en/products/fixed-network/access/ont/optical-terminal>
- IEEE 802.3 Grupo de estudio EFM. (2004). *Ethernet PON (EPON)*. Recuperado el 25 de Abril de 2018, de <http://www.ieee802.org/3/efm/>
- IEEE Standart 802.3. (2002). *Telecommunications and Information exchange between systems- Local and metropolitan area networks - Specific Requirements --Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specification* . ANSI/IEE Standar 502.3-2002.
- IEEE, S. 8. (2004). *Ethernet última milla*. IEEE.
- INCOM. (2019). *Fibra Monomodo de 12 hilos*. Obtenido de https://www.incom.mx/documents/pdf/ICOPTIKS_C9P100VHE012-Cable_Plano_monomodo_12_fibras.pdf
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/imbabura.pdf>
- INEC. (2010). *Población promedio por hogar*. Obtenido de 28_Promedio de Personas por Hogar.xls
- INEC. (2010). *PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN ECUATORIANA, POR AÑOS CALENDARIO, SEGÚN CANTONES*. Obtenido de [proyeccion_cantonal_total_2010-2020.xls](#)
- Josan, M. (2018). *Trafico de Canales de Upstream y Downstream*. Obtenido de <https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/>
- Lara, P. (2014). *Estructura de la Fibra Óptica*.
- Lui, A. (21 de Agosto de 2014). *Tipos de Fibra Óptica*. Obtenido de <http://www.cables-solutions.com/three-common-types-of-fiber-optic-cables.html>
- Maps, G. (2018). *Referenciación del Campo de Estudio*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps>
- Martínez, E., & Serrano, A. (2012). *Fundamentos de Telecomunicaciones y Redes*. España: Convergente 2012.

- Martín-Ramos, P., Martín-Gil, J., & Chamorro-Posada, P. (s.f.). *Amplificadores de fibra óptica dopada con Erblio e Iterbio(EDFAs y YEDFAs)*. DPTO de Teoría de la Señal e Inteniería Telemática y departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal Valladolid. Recuperado el 13 de Abril de 2018, de <https://es.scribd.com/document/33388581/Amplificadores-de-fibra-optica-dopada-con-Erblio-e-Iterbio-EDFAs-y-YEDFAs>
- MINTEL. (2019). *Normativas de Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/>
- Navarra, P. (2013). *Estadística de Administración*. España.
- Norte, T. d. (2018). *Trasmisores ópticos*. Obtenido de <https://www.telestardelnorte.com/product-page/transmisor-%C3%B3ptico-1310>
- OPTYTECH. (2018). *Dispositivos de Implementación de Fibra Óptica*. Obtenido de <https://www.optytech.com.ec/>
- Optytech, C. L. (2018). *Comparativa de los Splitters*. Obtenido de <https://www.optytech.com.ec/images/optytech-equipos-accesorios-telecomunicaciones/01-cliente/05-archivos/DS%20SPLITTER%20PLC-6.pdf>
- Optytech, C. L. (2018). *NAP Modelo GPJ09-8205*. Obtenido de <https://www.optytech.com.ec/images/optytech-equipos-accesorios-telecomunicaciones/01-cliente/05-archivos/DS%20CAJA%20NAP%20PARA%20EXTERIORES%20GPJ09-8205.pdf>
- Optytech, C. L. (2018). *Roseta Modelo OP-FS2S*. Obtenido de <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/roseta-fo-2-puertos.html>
- Prieto, J. (2014). *DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO MEDIANTE FIBRA ÓPTICA*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid .
- Quelali, V. (2015). *Fabricacion de la Fibra Óptica*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/9253528/>
- Ramiro Rojas, R. E. (2015). *Estudio y Diseño de una Red de Última Milla, Utilizando la Tecnología G-PON, Para el Sector del Nuevo Aeropuerto de Quito*. Quito : Escuela Politécnica del Ecuador.

- REDECOM. (2019). *Cobertura Inalámbrica de REDECOM*. Obtenido de <https://www.redecom.ec/cobertura/>
- REDECOM. (2019). *Página Oficial de REDECOM*. Obtenido de <https://www.redecom.ec/>
- REDECOM. (2019). *Planes de Fibra Óptica*. Obtenido de <https://www.redecom.ec/planes-de-internet-con-fibra-optica/>
- Rodriguez, A. (21 de Agosto de 2015). *Fibras Ópticas y Ondas Electromagnéticas*. Obtenido de <https://deralaja.wordpress.com/2015/08/21/fibras-opticas-y-ondas-electromagneticas/>
- S.L, A. T. (2018). *Splitters Ópticos*. Obtenido de <https://www.anvimur.com/es/material-fibra-optica/646-splitter-optico-caja-1x8-conectorizado-scupc.html>
- Samaniego, F. (2016). *Curso de Redes GPON con normativa CNT*. Quito: Blueit.
- Santa Cruz, O. (2008). *Introducción Principios generales del sistema de fibra óptica. Argentina*. Recuperado el 18 de Abril de 2018, de Universidad Tecnológica Nacional: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduccionResumen%20FO.pdf>
- SFOT. (23 de Enero de 2019). *Receptores Ópticos*. Obtenido de <https://m.es.dhgate.com/product/mini-optical-receiver-ftth-optical-receiver/414579400.html>
- SRI. (2019). *Servicio de Rentas Internas-Pago de Impuestos*. Obtenido de <http://www.sri.gob.ec/web/guest/home>
- Sur, E. (2018). *Equipos de Fibra Óptica y Herramientas de Instalación*. Obtenido de <https://guiamec.com/guayaquil/proveedor-de-fibra-optica/distribuidor-ecufiber.html>
- Tecneredsa. (2018). *Equipo OLT GPON FK-OLT-G2500*. Obtenido de https://www.tecneredsa.com.ar/productos/f223f4_ET2743.pdf
- Thoras, M. (2016). *Passive Optical Network Equipment Market Is Projected To Grow At A CAGR Of 3.6% To 2018*. Estados Unidos: Radiant Insights.
- TIA-604.X. (2015). *FOCIS 5 Fiber Optic Connector Intermateability Standard- Type MPO*. Telecommunications Industry Association (TIA).
- Trabajo, M. d. (2019). *Sueldos de acuerdo al Cargo en la Empresa*. Obtenido de <http://www.trabajo.gob.ec>

- Turnero, P. (2017). *Transmisión por Fibra Óptica*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos108/transmision-fibra-optica/transmision-fibra-optica2.shtml>
- Ubiquiti, N. (2018). *UF-OLT Ubiquiti*. Obtenido de https://dl.ubnt.com/datasheets/ufiber/UFiber_GPON_DS.pdf
- Velasco, B. (2018). *Diseño y simulación de una red GPON para ofrecer el servicio triple play en el sector de san Antonio de Ibarra para la CNT-EP*. Quito: EPN.
- Wood, L. (2018). *Global Passive Optical Network (EPON & GPON) Equipment Market to 2027 - Drivers, Restraints, Opportunities and Trends*. Obtenido de <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-passive-optical-network-epon--gpon-equipment-market-to-2027---drivers-restraints-opportunities-and-trends-300754633.html>
- Zaldivar, I. (2015). *Luz y Fibra Óptica en un Sistema de Comunicación*. México.

Anexos

Anexo A: Formato de la Encuesta

No.	PREGUNTAS	OPCIONES		
1	¿Qué tipo de Plan tiene contratado?			
	1.1. Plan Residencial	Residencial 1 (2MB)		
		Residencial 2 (3MB)		
		Residencial 3 (4MB)		
		Residencial 4 (6MB)		
	1.2. Plan Corporativo	Corporativo 1 (3MB)		
		Corporativo 2 (5MB)		
		Corporativo 3 (7MB)		
	1.3. Plan Puro	P1 (1MB)		
		P2 (2MB)		
		P3 (3MB)		
		P4 (4MB)		
	2	¿Con qué frecuencia se conecta a Internet, utilizando el plan contratado?	A diario _mucho tiempo	
A diario _poco tiempo				
No todos los días				
Esporádicamente				
3	¿Qué tan satisfecho está usted con el servicio de Internet que tiene contratado con la empresa REDECOM?	Muy satisfecho		
		Satisfecho		
		Poco satisfecho		
		Muy insatisfecho		
		No opina o no sabe		
4	¿Qué tan satisfecho está usted con la calidad del servicio que tiene contratado según su la aplicación con la que usa su conexión a Internet?			
		4.1. Enviar y recibir correos	Muy satisfecho	
			Satisfecho	
			Poco satisfecho	
			Insatisfecho	
			No opina o no lo usa	
		4.2. Chatear	Muy satisfecho	
			Satisfecho	
			Poco satisfecho	
			Muy insatisfecho	
			No opina o no sabe	
		4.3. Hablar (Telefonía IP, Skype)	Muy satisfecho	
			Satisfecho	
			Poco satisfecho	
			Insatisfecho	
			No opina o no lo usa	
		4.4. Trabajar, Estudiar, Tareas	Muy satisfecho	
			Satisfecho	
			Poco satisfecho	
			Insatisfecho	
No opina o no lo usa				
4.5. Jugar en Línea	Muy satisfecho			
	Satisfecho			
	Poco satisfecho			
	Insatisfecho			
	No opina o no lo usa			

	4.6. Ver Videos en Netflix y/o películas	Muy satisfecho	
		Satisfecho	
		Poco satisfecho	
		No opina o no lo usa	
	4.7. Bajar música y/o películas	Muy satisfecho	
		Satisfecho	
		Poco satisfecho	
		Insatisfecho	
		No opina o no lo usa	
	4.8. Buscar información de Interés personal	Muy satisfecho	
		Satisfecho	
		Poco satisfecho	
		Insatisfecho	
		No opina o no lo usa	
	4.9. Revisar cuentas bancarias	Muy satisfecho	
		Satisfecho	
		Poco satisfecho	
		Insatisfecho	
		No opina o no lo usa	
	4.10. Pagar servicios	Muy satisfecho	
		Satisfecho	
		Poco satisfecho	
		Insatisfecho	
		No opina o no lo usa	
	4.11. Cargar información en correos y/o páginas de interés	Muy satisfecho	
		Satisfecho	
		Poco satisfecho	
		Insatisfecho	
		No opina o no lo usa	
5	En los últimos meses ¿Ha tenido algún problema con el servicio de Internet contratado?	Si	
		No	
6	En que consiste el problema o falla	Lentitud, mala conexión	
		Velocidad no es la contratada	
		El servicio se corta, se cae, no funciona	
		No responde	
		Otra (especifique):	
7	AL presentar fallas o cortes del servicio ¿Cuánto tiempo dura la falla o corte?	1 minuto o menos	
		1 a 5 minutos	
		5 a 30 minutos	
		Más de 30 minutos	
8	Al presentar lentitud, mala conexión ¿A qué hora del día lo presenta?	En la mañana	
		Al mediodía	
		En la tarde	
		En la Noche	
		A cualquier hora	
9	¿Cuándo falla el servicio de Internet, la empresa informa la causa por algún medio?	Si	
		No	

Anexo B: Compartición Legal-Empresa REDECOM

COMPARTICION LEGAL

En cuanto a compartición de infraestructura física, de acuerdo a la Resolución ARCOTEL-2017-0807 de fecha 22 de Agosto del 2017, mediante la cual la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones, expidió la Norma Técnica para Uso Compartido de Infraestructura Física de los Servicios del Régimen General de Telecomunicaciones, presentamos la Oferta Básica a cumplir por parte del PRESTADOR solicitante para la compartición de infraestructura de redes físicas e inalámbricas para la prestación de servicios del régimen general de Telecomunicaciones. En este mismo orden de ideas es importante mencionar las siguientes definiciones:

DEFINICIONES:

PRESTADOR PROPIETARIO: Persona Natural o Jurídica, prestador de servicios del régimen general de telecomunicaciones, propietaria de la infraestructura física necesaria para la prestación de servicios del régimen general de telecomunicaciones.

PRESTADOR SOLICITANTE: Persona Natural o Jurídica prestador de servicios del régimen general de telecomunicaciones, que requiere el uso compartido de infraestructura física para brindar servicios del régimen de telecomunicaciones correspondientemente con su título habilitante.

PARTE O PARTES: Prestador o prestadores cuya finalidad, en aplicación de la Norma Técnica, es establecer una relación para el uso compartido de infraestructura física, independientemente de que la misma se logre por medio de un convenio o acuerdo.

INFRAESTRUCTURA FISICA: se considerar como infraestructura física toda construcción u obra civil, equipos y elementos pasivos necesarios para la prestación de servicios del régimen general de telecomunicaciones.

CONVENIO O ACUERDO: Convenio negociado libremente entre prestadores de servicios del régimen general de telecomunicaciones, que contiene las condiciones generales, legales, económicas, operativas y técnicas específicas para la compartición de infraestructura física, en aplicación de la presente norma técnica y del ordenamiento jurídico vigente.

OBLIGACIONES DE LAS PARTES:

Inspeccionar mínimo una vez al año, o cuando sea necesario, los sitios escogidos por el **PRESTADOR SOLICITANTE** para la compartición de infraestructura

Prestar los servicios estipulados en las cláusulas técnicas y económicas de este documento, y que estén de acuerdo con la norma técnica para la prestación de servicios de Telecomunicaciones.

Los costos en implementación, obras civiles y estudios técnicos relacionados a la instalación de servicios serán asumidos por el **PRESTADOR SOLICITANTE** y serán autorizados por el **PRESTADOR PROPIETARIO** y quedarán en beneficio del **PRESTADOR PROPIETARIO** sin costo alguno.

Cancelar en forma oportuna los valores acordados en los anexos de instalación que forman parte del **CONVENIO** por compartición de infraestructura.

De acuerdo a los servicios ofrecidos cada **PRESTADOR** será responsable por el mantenimiento y operación de los equipos de su propiedad instalados en los lugares donde se solicitó el convenio de compartición de infraestructura.

Tener identificado al personal propio o terceros para el ingreso a las instalaciones solicitadas por el **PRESTADOR SOLICITANTE** siguiendo los debidos procedimientos acordados, las **PARTES** garantizaran el debido ingreso del personal autorizado siempre y cuando cumplan con las disposiciones y reglamentos establecidos en los anexos de instalación.

Cada PARTE será responsable ante, ARCOTEL, Municipios, Ministerios, etc., de la infraestructura a instalar y cumplirán con las disposiciones técnicas, legales y ambientales exigidas por los organismos de control.

Las solicitudes de ingreso a las instalaciones deberán ser solicitadas por el PRESTADOR SOLICITANTE de manera escrita al PRESTADOR PROPIETARIO de la infraestructura física con al menos diez (10) días hábiles de anticipación, con el fin de realizar alguna instalación o modificación en las instalaciones que forman parte del convenio.

El PRESTADOR SOLICITANTE se compromete a la instalación de equipos exclusivamente dentro del área de la infraestructura autorizada, siguiendo el procedimiento acordado en los debidos anexos de instalación, si se llegase a descubrir que el PRESTADOR SOLICITANTE ha ocupado sitios no asignados, los gastos que se incurran por esos desmontajes serán asumidos exclusivamente por el PRESTADOR SOLICITANTE.

El PRESTADOR PROPIETARIO exigirá al PRESTADOR SOLICITANTE, la entrega de una póliza de responsabilidad civil y daños a terceros, el valor de la misma dependerá del tipo de instalación y será previo acuerdo de las partes.

LIMITACIONES TECNICAS PARA LA COMPARTICION DE INFRAESTRUCTURA:

El uso compartido de infraestructura física será exclusivo para la prestación de los servicios de Telecomunicaciones de acuerdo a lo estipulado en el Título Habilitante del PRESTADOR SOLICITANTE, conforme lo estipula el Artículo 5 Numeral 8 de la Norma Técnica para uso Compartido de Infraestructura.

El uso compartido de infraestructura es exclusivamente para uso del PRESTADOR SOLICITANTE, el mismo que no podrá subarrendar, ceder a otro Prestador, salvo autorización por escrito del PRESTADOR PROPIETARIO.

RESPONSABILIDAD DE LAS PARTES:

El PRESTADOR SOLICITANTE asume expresamente el compromiso de resarcir a REDECOM, así como defenderla y ampararla frente a cualquier reclamo o demanda, por la responsabilidad que surja o que sea producto de la mala conducción de los negocios por la compartición de infraestructura y que se relacione con este convenio. Después de que el PRESTADOR SOLICITANTE haya sido informado sobre el reclamo o demanda, si éste no actuare de acuerdo a las obligaciones contraídas, EL PRESTADOR PROPIETARIO podrá actuar por su cuenta y repetir contra el PRESTADOR SOLICITANTE por los valores que haya debido pagar para solventar su defensa.

Ninguna de las partes adquiere responsabilidad alguna principal o subsidiaria por las obligaciones que contraiga la otra parte frente a su personal y/o terceros contratados para la ejecución de lo aquí estipulado. Asimismo, ninguna parte garantiza a la otra la obtención de utilidades, ni ganancias específicas, ni ventajas de ninguna especie.

Ambas partes declaran que no tienen relación laboral de ninguna especie con la otra, y/o con el personal que éstas utilicen, para el cumplimiento de este convenio.

Ambas partes asumen los riesgos del negocio en los términos acordados en este convenio. Cada parte hará las liquidaciones, pagos de impuestos y retenciones que les corresponda realizar de acuerdo a las respectivas leyes tributarias. Asimismo, será responsabilidad del PRESTADOR SOLICITANTE pagar los cánones de arrendamiento y permisos de funcionamiento que sean necesarios para la instalación de equipos y de los lugares de atención y funcionamiento del servicio.

TERMINACION ANTICIPADA DEL CONVENIO:

Por mutuo acuerdo de las partes.

Por laudo arbitral dictado por un tribunal constituido en la forma prevista en este instrumento.

Por intervención, disolución, liquidación o terminación de las partes de sus debidos Títulos Habilitantes, que hubieren sido dispuestos por las autoridades de control.

Cuando el PRESTADOR SOLICITANTE incurra en cesación o mora de dos pagos, o cuando reiteradamente realice transferencias incompletas, o cuando tales pagos no puedan efectivizarse en las cuentas del PRESTADOR PROPIETARIO.

Cuando el PRESTADOR SOLICITANTE haya cedido, total o parcialmente, los derechos y obligaciones contenidos en este convenio.

Si el PRESTADOR SOLICITANTE ocupara espacios o recursos que NO le hubieren estado autorizados en virtud de este convenio.

Por la NO entrega o renovación de la póliza de responsabilidad civil y daños a terceros.

CONDICIONES ECONOMICAS:

Las condiciones económicas deberán estar estipuladas en el anexo de instalación y serán negociadas previo a la suscripción del convenio, cualquier modificación deberá ser por mutuo acuerdo de las partes en un plazo no mayor a 30 días.

CONDICIONES TECNICAS:

Las condiciones técnicas serán revisadas en el proceso de pre-factibilidad de la solicitud de compartición efectuada por el PRESTADOR SOLICITANTE al PRESTADOR PROPIETARIO, y se podrán establecer normas particulares para cada solicitud de compartición, para lo cual será suficiente la aceptación de las partes.

El PRESTADOR PROPIETARIO emitirá sus normas de instalación las mismas que bajo ningún concepto deberán ser omitidas por el PRESTADOR SOLICITANTE, salvo casos particulares, mencionados en el párrafo anterior.

Las condiciones técnicas se describen en los siguientes puntos:

Se definirá antes de la instalación el tiempo de terminación del trabajo.

Las instalaciones de tendido de cables sean estos de corriente o de datos, respetaran las debidas normas técnicas del PRESTADOR PROPIETARIO, pudiera darse el caso de la compartición de bandejas previo acuerdo de las partes, de lo contrario cualquier instalación de bandejas adicionales para tendido de cables, será asumido en su totalidad por el PRESTADOR SOLICITANTE.

Las conexiones a tierra, deberán realizarse respetando los parámetros de instalación del PRESTADOR PROPIETARIO, pudiera darse el caso de la compartición de conexiones a tierra previo acuerdo de las partes, de lo contrario cualquier instalación adicional, será asumido en su totalidad por el PRESTADOR SOLICITANTE

Se limitará la cantidad de personal dentro de las instalaciones, el mismo que dependerá del trabajo a realizar.

Se respetarán los debidos reglamentos en cuanto a vestimenta de seguridad, identificaciones, alimentación, lenguaje, horarios, etc, en las instalaciones del PRESTADOR PROPIETARIO por parte del personal del PRESTADOR SOLICITANTE.

Se respetará todo lo mencionado en el anexo de instalación y en proyecto de instalación que tendrá que realizar el PRESTADOR PROPIETARIO.

LEGISLACION APLICABLE, JURISDICCION Y COMPETENCIA:

Las partes acuerdan someter toda controversia que se derive de la interpretación, ejecución o incumplimiento de este contrato al arbitraje en derecho que será administrado de acuerdo con las reglas del Centro de Conciliación y Arbitraje de la Cámara de Comercio de la ciudad de Ibarra. Al efecto, las partes facultan a los árbitros que se designen para que puedan dictar las medidas cautelares que consideren necesarias para asegurar el resultado de tal arbitraje, sin necesidad de requerir el auxilio de los jueces ordinarios. Para la expedición de su lado, el

tribunal arbitral tomará en consideración las normas generales de derecho y, en particular, las contenidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones y su Reglamento General, las resoluciones emanadas de las autoridades de telecomunicaciones competentes, lo establecido en los contratos de concesión suscritos entre la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones y las partes.

p, REDECOM

p,.....

PRESTADOR PROPIETARIO

PRESTADOR SOLITANTE

Anexo C: Proceso de Tendido del Cable de Fibra Óptica

Tendido del cable de Fibra Óptica.

El tendido de cable aéreo debe obedecer las normas indicadas de acuerdo a lo establecido por ARCOTEL, dado esto, se extrajeron algunas acciones a seguir durante el proceso de instalación, como se describe a continuación:

El procedimiento para la instalación de cable de fibra óptica aérea fue generado de acuerdo a los lineamientos y recomendaciones técnicas establecidas a nivel nacional, en relación a la instalación y construcción de redes de fibra óptica para Planta Externa, en lo referente a características de instalación aérea, de acuerdo a las tendencias y evolución que presente las telecomunicaciones, con la finalidad de cumplir las necesidades de servicio cumplir con la misión y visión hacia sus clientes.

La ubicación del cable de la red de telecomunicaciones debe estar ubicado a la altura que estipula la norma técnica vigente N° ARCOTEL-2015-0568 según lo descrito en el art 5 se tiene que: Las líneas deben colocarse en orden en la postería, desde el extremo superior del poste, las líneas llevan el siguiente orden: líneas de alta tensión, líneas de media, líneas de baja y red de telecomunicaciones, dejando entre la red eléctrica y la de telecomunicaciones una separación mínima de 0,5m. Para evitar problemas posteriores a la instalación del enlace, la empresa debería solicitar que la CNEL (Corporación Nacional de Electricidad) lo acompañe en un recorrido previo para coordinar la distancia a ser considerada en casos en los que no se pueda cumplir con el requerimiento de los 50 cm.

En lo posible no deben realizarse en el mismo poste las bajadas eléctricas y de telecomunicaciones. En caso de tener que realizarse estas bajadas se efectuarán por los lados opuestos del poste.

Proceso de diagnóstico para el tendido

En este proceso se recopilará toda la información necesaria para determinar las necesidades del proyecto y planificar los trabajos a ejecutar. Entre las consideraciones a determinar para el proceso de instalación, tenemos:

- Determinar el tipo de infraestructura de distribución donde se instalará el cable.
- Se establecerá el tipo de herrajes a instalar a lo largo de la ruta.

- Indicar las condiciones climáticas del sector (determinando la necesidad, si es el caso, de aterrizar el cable y los herrajes por conductividades que pueden presentarse ante la humedad o aire de circunvala al cable).
- Analizar y establecer la instalación de retenidas a poste considerando las siguientes situaciones:
 - Postes de empalme
 - Final de ruta
 - Cruce de ríos y carreteras
 - Cada cierta cantidad de postes (ayudar a disminuir la tensión acumulada debido a redes existentes y por factores climáticos)

Es conveniente, realizar una observación directa a la zona del centro de Otavalo, para verificar la postería publica a fin de generar un diagnostico viable para la instalación.

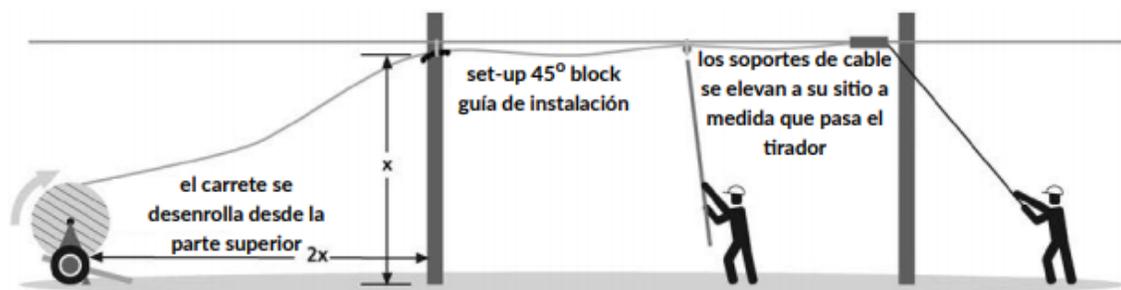
Proceso de instalación del tendido

La trayectoria del enlace se deberá establecer a través de la postería de distribución existente o proyectada, de acuerdo a lo acordado en la revisión conjunta con el CNEL. Se ejecutará la instalación del cable de fibra óptica seleccionado, a considerar como norma que los empalmes de fibra óptica se deberán estar ubicados a 4.000 metros como mínimo o dependiendo de la longitud de la bobina, para nuestro caso las distancias son menores a 4km, por lo que no es necesario de empalmes adicionales para extensión de línea.

Es importante, colocar identificadores en el cable aéreo de fibra óptica instalado, uno en cada poste utilizado en la ruta. Estos identificadores deben ser acrílicos con el texto grabado en bajo relieve. Ya que el tramo de tendido es urbano, se debe considerar realizar el tendido aéreo por el método manual.

Para realizar la instalación de cable de fibra óptica aéreo, se debe tomar en cuenta las características del cable, el tipo de infraestructura de acceso y de distribución, las consideraciones geográficas del sector, que permita discernir entre los métodos de enrollado retractable fijo y el enrollado móvil. La técnica usualmente utilizada es el tendido con enrollado fijo (figura 48), en el cual se coloca el cable desde el carrete hacia arriba por el

alambre, tirando por un dispositivo hacia adelante y es mantenido en alto por los soportes de cables.



Es necesario asegurarse que todos los cables para el soporte de poste en las esquinas y los extremos terminales se instalen y tensionen antes del tendido del cable. Con el método manual se deberá contar con personal técnico que tenga la experiencia y capacidad de realizar el tendido del cable, y dado que la empresa, ya ha realizado tendidos de este tipo no se tendrá problemas en la parte operativa. La colocación de los accesorios de sujeción y la ejecución de las maniobras de instalación, deben ir acompañadas con las debidas seguridades del caso tanto para el personal como para el cable de Fibra Óptica.

En relación a la reserva de cable en lugares urbanos se establecerá una cantidad equivalente al 5% de la distancia total del enlace, además, se proveerá reservas si se establece algún cambio en la dirección en la ruta o cuando sea necesario realizar una derivación del enlace. Para troncales, las reservas equivalen al 10% de la longitud total del enlace, y se ubicará en los lugares donde puede generarse una derivación o cuando las longitudes ameriten realizar un empalme. El radio del bucle de reserva no debe ser menor que el radio mínimo de curvatura del cable.

En los postes donde sea necesario instalar un empalme, dependiendo de la congestión presente, se determinará la ubicación correspondiente para la ubicación de la respectiva reserva y luego proceder a la instalación y anclado de la caja de empalme. Las reservas pueden ser ubicadas sobre la caja de empalmes o anclada en cada uno de los cables instalados por medio de correas de sujeción. Para cada empalme exterior se debe dejar 15 metros de reserva en cada lado del empalme, y una reserva de 30 metros cada 500 metros de tendido.

Para la sujeción y tensión de cables, se deben utilizar elementos llamados herrajes, los cuales además sirven de elementos de protección eléctrica.

Los herrajes de sujeción, se utilizan en vanos cortos y rectos, como los indicados para el proyecto, debido que van distribuidos en calles y avenidas, es decir, que no posean tensión ni cambio de dirección del cable.

Los herrajes de tensión, se utilizan en vanos largos, como los vanos S5 y S6, donde es preciso sujetar el cable para evitar que la tensión propia dañe la forma geométrica de este, así mismo se utiliza en curvaturas de la trayectoria del tendido de la fibra óptica.

Otro tipo de elementos de sujeción, son los preformados de retención o terminales que permiten sujetar el cable de manera envolvente sobre su chaqueta haciendo curvaturas suaves sobre el cable de fibra. Se utilizan dos unidades a cada lado del cable. Para vanos superiores a 90 metros se utilizan los protectores, elementos similares pero de menor longitud, que envuelven la Fibra Óptica.

Anexo D: Red limitada GPON



Anexo E: Datasheet OLT Marca Huawei MA5603T**Huawei SmartAX MA5603T & MA5608T**
--- The Best Choice of FTTC/B Scenarios

Huawei SmartAX MA5603T & MA5608T

The Best Choice of FTTC/B Scenarios



MA5603T & MA5608T is defined as an FTTC/B equipment, developed on Huawei's third-generation unified platform. It can provide high-density voice and high bandwidth services, maximize the value of copper line under the scenario of FTTx construction.



MA5603T



MA5608T

MA5603T is 6U height, 300mm depth, flexible plug-in equipment, up to 6 service slots, providing POTS/ISDN/E1/G.SHDSL/ADSL2+/VDSL2 interfaces, to achieve full-service access. MA5603T can support flexible uplink, GE/10GE or GPON, to meet different networking requirements.

MA5603T can be installed in F01S300 outdoor cabinet.

MA5608T is 2U height, 300mm depth, flexible plug-in equipment, up to 2 service slots, providing POTS/ISDN/E1/G.SHDSL/ADSL2+/VDSL2 interfaces, to achieve full-service access. MA5608T can support flexible uplink, GE or 10GE, to meet different networking requirements.

MA5608T can be installed in F01S100 outdoor cabinet.

These outdoor cabinets have sealing, heat-dissipation, and dust-proof features for flexible deployment. The integrated outdoor cabinet can realize one-stop installation, quick service provision.

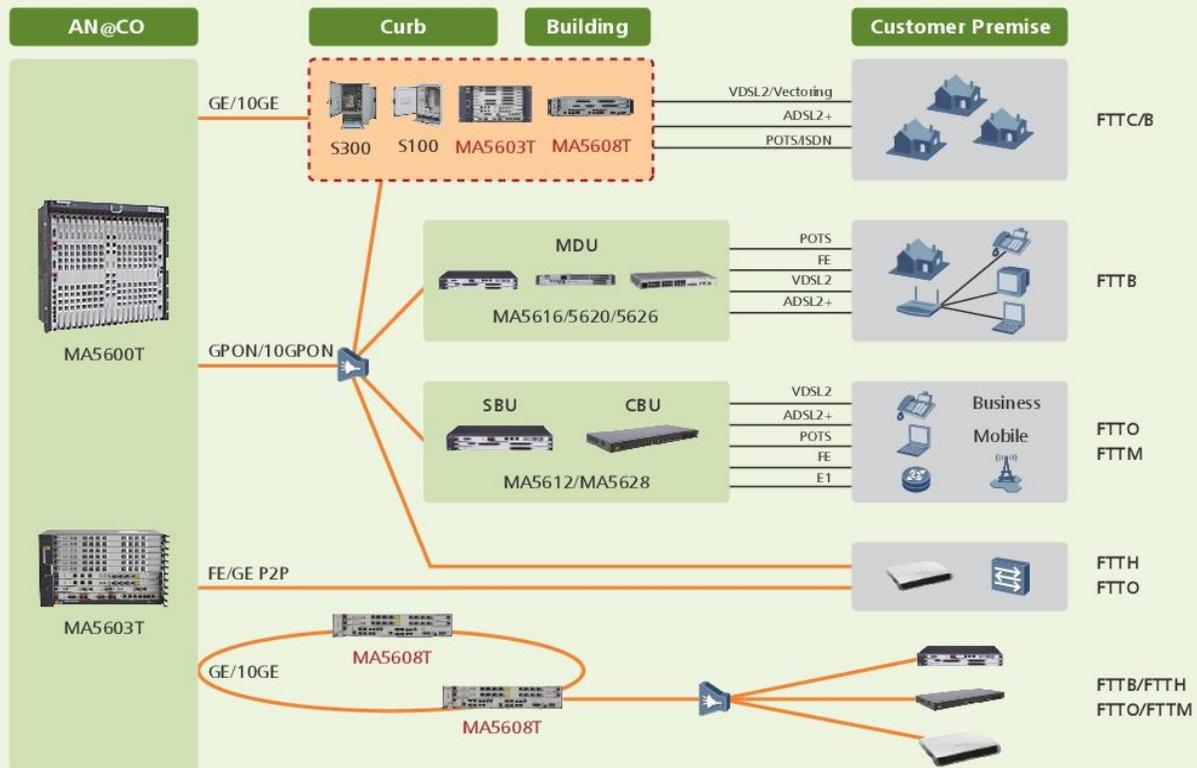


F01S300



F01S100

Typical Networking



Features

Unified Platform

- Using the same software and service boards as MA5600T
- Reducing spare parts, lower maintenance costs

Series Products for Various Scenarios

- MA5603T: 384POTS/384ADSL2+/384VDSL2, or 288POTS plus 288ADSL2+, or 288POTS plus 288VDSL2+
- MA5608T: 128POTS/128ADSL2+/128VDSL2, or 96POTS plus 96ADSL2+, or 96POTS plus 96VDSL2+
- Any slot, any service card

High Bandwidth

- MA5603T supports up to 384 lines System Level Vectoring for VDSL2 access, which is the highest density in industry
- ADSL2+ & VDSL2 two twisted-pairs bonding for double bandwidth
- 3.2G VDSL2, 50M non-blocking high bandwidth access, providing FTTH-like service experience

All Service Access

- Support E1 and G.SHDSL for enterprise leased line or PBX access
- IPTV can be launched for all users, up to 4k channels
- H-QoS support 5-level QoS guaranteeing SLA

High security and reliability

- Dual main control boards, dual power boards
- Multiple GE uplink, support STP/ RSTP/MSTP/RRPP ring protection, support BFD/ LACP
- Type B/Type C GPON line protection and GPON Type C dual-homing

Green Design

- Fully meet the CoC v4 power-conservation requirement of the European Commission
- Short-loop design of POTS card, 20% power consumption reduced
- Third generation chipsets, support the dynamic energy-saving, 30% energy saving of xDSL

Smooth Evolution

- 10GPON uplink can be supported in two years.
- MA5608T can support Board Level Vectoring and System Level Vectoring in two years.
- Just insert GPON board, MA5603T&MA5608T can be used as OLT

Technical Specifications

System Performance

- MA5603T: 1.5T bit/s backplane capacity, 48G/480G bit/s switch capacity, 20G bit/s slot bandwidth
- MA5608T: 720G bit/s backplane capacity, 256G bit/s switch capacity, 20G bit/s slot bandwidth
- BITS/E1/STM-1/Ethernet Synchronization/IEEE 1588v2/1PPS+TOD

POTS Line Card

- 64*port per card with G.711/G.723/G.729 coding/decoding
- One card with Analog, Polarity Reversal and 12/16KC together
- Short-loop design, support MELT test

VDSL2 Line Card

- 64* port per card over POTS with SPL or 64* port per card over POTS with MELT, without SPL
- 64*Port per card over ISDN with MELT

- Backward compatible to ADSL/ADSL2+
- Two twisted pairs bonding, G.INP Physical layer retransmission

ADSL2+/VDSL2 COMBO Line Card

- 48*port per card, three in one (POTS,xDSL,Splitter)
- Support MELT test
- G.INP Physical layer retransmission

ADSL2+ Line Card

- 64*port per card with Annex A,B, M and J, with SPL
- Two twisted pairs bonding
- G.INP Physical layer retransmission

E1 & TDM G.SHDSL Line Card

- 16*E1 and 16*TDM GSHDSL port per card
- E1 extension or PRI/R2 PBX access, N*64K service
- TDM PWE3 and MELT test

Dimensions

(Width × Depth × Height)

- MA5603T Shelf :
442mm × 283.2mm × 263.9mm
- MA5608T Shelf :
442mm × 233.5mm × 88.1mm
- F01S300:
830mm × 450mm × 1350mm
- F01S100:
720mm × 250.2mm × 830mm

Running Environment

- Working environment temperature: -40°C to +65°C

Power Supply

- MA5603T: -48 V/-60V DC powering via redundant power feeds, Working voltage range: -38.4 V to -72 V

- MA5608T supports both DC / AC power supply mode, and supports dual power protection and battery backup while using the AC power supply.

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2012. All rights reserved.

General Disclaimer

THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT MAY CONTAIN PREDICTIVE STATEMENTS INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, STATEMENTS REGARDING THE FUTURE FINANCIAL AND OPERATING RESULTS, FUTURE PRODUCT PORTFOLIO, NEW TECHNOLOGY, ETC. THERE ARE A NUMBER OF FACTORS THAT COULD CAUSE ACTUAL RESULTS AND DEVELOPMENTS TO DIFFER MATERIALLY FROM THOSE EXPRESSED OR IMPLIED IN THE PREDICTIVE STATEMENTS. THEREFORE, SUCH INFORMATION IS PROVIDED FOR REFERENCE PURPOSE ONLY AND CONSTITUTES NBTHER AN OFFER NOR AN ACCEPTANCE. HUAWEI MAY CHANGE THE INFORMATION AT ANY TIME WITHOUT NOTICE.

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.

Huawei Industrial Base
Bantian Longgang
Shenzhen 518129, P.R. China
Tel: +86-755-28780808
Version No.: M3-028708-20120828-C-1.0

www.huawei.com

Anexo F: Datasheet ONT Marca Huawei HG8045Q

A Smarter Way for Your Broadband Life

Huawei HG8045Q, an intelligent routing-type ONT

Smart service

Smart
interconnection

Smart O&M



Device Parameters

Dimensions (H x W x D)	230 x 190 x 30 mm (excluding the support)	System power supply	11–14 V DC, 2 A
Weight	about 500 g	Static power consumption	5 W
Operating temperature	0° C to +40° C	Maximum power consumption	21 W
Operating humidity	5% RH to 95% RH (non-condensing)	Ports	4GE+2.4G/5G Wi-Fi+USB
Power adapter input	100–240 V AC, 50–60 Hz	Indicators	POWER/PON/LOS/USB/PORT /2.4GWi-Fi/5G Wi-Fi/WPS

Interface Parameters

GPON Port	Ethernet Port	WLAN
<ul style="list-style-type: none"> • Class B+ • Receiver sensitivity: -27dBm • Wavelengths: US 1310nm, DS 1490nm • Wavelength blocking filter (WBF) • Flexible mapping between GEM Port and TCONT • GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3 • Bi-directional FEC • SR-DBA and NSR-DBA 	<ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port-based VLAN tags and tag removal • 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission • QinQ VLAN • Limit on the number of learned MAC addresses 	<ul style="list-style-type: none"> • 802.11 b/g/n (2.4G) • 802.11 a/n/ac (5G) • 3 x 3 MIMO • Antenna gain: 2 dBi • WMM • Multiple SSIDs • WPS • 2.4G/5G concurrent • Air interface rate: 450 Mbit/s (2.4G) 1300 Mbit/s (5G)
	Ethernet Port <ul style="list-style-type: none"> • USB2.0 • FTP-based network storage • File/Print sharing based on SAMBA • DLNA DMS/UPnP AV (media server) 	

Product Function

Smart interconnection	<ul style="list-style-type: none"> • Any port any service • L2/L3 forwarding: 1G uplink, 2G downlink 	QoS	<ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port rate limitation • 802.1p priority • SP/WRR/SP+WRR
Smart O&M	<ul style="list-style-type: none"> • Variable-length OMCI messages • Active/Passive rogue ONT detection and isolation • PPPoE/DHCP simulation testing • WLAN emulation 	Layer 3 Features	<ul style="list-style-type: none"> • PPPoE/Static IP/DHCP • NAT/NAPT • Port forwarding • ALG, UPnP • DDNS/DNS server/DNS client • IPv6/IPv4 dual stack, and DS-Lite • Static/Default routes • Multiple services on one WAN port
Smart service	<ul style="list-style-type: none"> • Smart Wi-Fi sharing 	Multicast	<ul style="list-style-type: none"> • IGMP v2/v3 snooping • MLD v1/v2 snooping • Multicast services through Wi-Fi
Security	<ul style="list-style-type: none"> • Anti-DoS attack • Filtering based on MAC/IP/URL addresses 	Common O&M	<ul style="list-style-type: none"> • OMCI/Web UI/TR069 • Dual-system software backup and rollback
Power Saving	<ul style="list-style-type: none"> • Dynamic power saving • Indicator power saving • COCv4 		

Anexo G: Datasheet de Roseta Marca Optichina OP-FS2S

OPTICHINA®
Delivery of Quality

FTTH Fiber Socket

OP-FS2S

**Description:**

FTTH Fiber Socket is specially designed for FTTH (Fiber to The Home) for indoor application.

Features:

- Simple operation
- Flexible termination methods: splicing + pigtail
- FTTH fast connector on site.

Front view



Inside view



Inside view

Configuration:

Material	Size	Max. Capacity		Empty Weight	Loaded Weight	Color
PC+ABS	H*W*D (mm) 105*82*21	SC: 2 ports	LC: 4 ports	0.3kg	0.6kg	White

How to order a optical termination box?

Model Rules: OP-FS2S-XX-XX:

Model	Capacity	Type	XX: Adapter	XX: Pigtail
FFS	2	F	SC: SC/UPC AS: SC/APC LC: LC/UPC AL: LC/APC	SC: SC/UPC AS: SC/APC LC: LC/UPC AL: LC/APC

Anexo H: Datasheet de Splitters Marca Huawei SPL1202



HUAWEI **SPL1202**

Rack-Mounted Optical Splitter

**Building an
Efficient Fiber Infrastructure**



SPL1202

SPL1202 series of rack-mounted optical splitter is designed by modular structure and installed on the network integrated cabinet to implement the optical splitting function. The SPL1202 series include 1U and 2U optical splitter and the splitting ratio covers N:2~N:64 (N=1, 2). It adapts to 19 inch and 21 inch (ETSI) rack installation by adjusting the rack-mounting ears. The splitter is composed of the SPL9103.

Features & Benefits

Complete series

- Splitting ratio: N:2~N:64 (N=1,2)
- Height: 1U: N:2~N:32 (N=1,2) ; 2U:N:64 (N=1,2)
- Adaptor: SC/APC, SC/UPC, 2LC/PC, 2LC/UPC, FC/PC

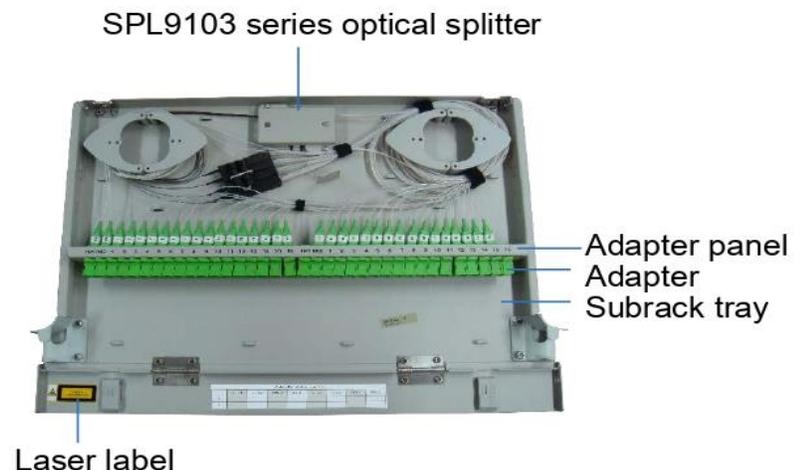
Safe and reliable

- The shell is made of sheet metal, and supports the horizontal boards-in-cabinet transportation.
- The flip structure facilitate the protection of optical ports.
- The fiber route protection is reliable.

Easy maintenance

- The tray structure facilitate product maintenance
- Support 19-inch and 21 inch(ETSI) rack installation.
- Support the different depth of the cabinet by adjusting the installation position of rack-mounting ears.

Structure



⚙️ SPL Series Specifications

Packaging Dimension (H x W x D,mm)	1U rack-mounted optical splitter		130 × 555 × 358
	2U rack-mounted optical splitter		190 × 352 × 562
Cabinet	Dimension (H x W x D,mm)	1U empty cabinet	44 × 483 × 260
		2U empty cabinet	88 × 483 × 260
	Net weight (kg)	1U empty cabinet	3.56
		2U empty cabinet	4.22
	Installation mode		19-inch rack installation and 21 inch(ETSI) installation
	Material		Sheet metal
	Color		Huawei gray
	RoHS		Yes
Fireproof class		UL94-V0	
Splitter	Model		SPL9103 series bare optical splitter
	Net weight (g)		86
Adapter	Type and Precision		SC/APC, SC/UPC, 2LC/PC, 2LC/UPC, FC/PC
Panel	Material		Sheet metal
	Color		Huawei gray
Fake panel	Material		Plastic
	Color		Huawei gray

⚙️ Environmental Parameters

Item	Description
Operating Environment	<p>Compliance with GR1209 / GR1221 controlled and non-controlled environments.</p> <p>Ambient Operating temperature range: -40-85 °C (Within unheated indoor and outdoor cabinet/enclosure application)</p>

Performance Parameters

Optical split ratio	Operating bandwidth (nm)	Operating Wavelength (nm)	Insertion loss with connector (dB)	Return loss (dB)	Uniformity (dB)	PDL (dB)	Directivity (dB)
1:2 FBT	1310 ± 40 & 1490 ± 10 & 1550 ± 40	1310/1490 /1550	≤ 3.8	≥ 50 (UPC)	≤ 0.6	≤ 0.15	≥ 55
1:4 PLC	1260~1650		≤ 7.4		≤ 0.7	≤ 0.2	
1:8 PLC			≤ 10.3		≤ 0.8	≤ 0.2	
1:16 PLC			≤ 13.8		≤ 1.0	≤ 0.3	
1:32 PLC			≤ 17.0		≤ 1.3	≤ 0.3	
1:64 PLC			≤ 20.5		≤ 1.8	≤ 0.3	
2:2 FBT			1310 ± 40 & 1490 ± 10 & 1550 ± 40	≤ 3.8	≥ 55 (APC)	≤ 0.6	
2:4 PLC	1260~1650		≤ 7.7	≤ 1.2		≤ 0.2	
2:8 PLC			≤ 11.2	≤ 1.2		≤ 0.3	
2:16 PLC			≤ 14.5	≤ 1.8		≤ 0.3	
2:32 PLC			≤ 17.6	≤ 1.8		≤ 0.3	
2:64 PLC			≤ 21.2	≤ 2.5		≤ 0.4	

Remark:

1. The preceding data is the results of tests carried under 1310/1550 nm wavelength and room temperature.
2. The preceding insertion loss includes the insertion loss of the connectors(0.2 dB).

GPJ09-8205

Fiber Optical Splice Closure Technical Specification

1.0 Introduction:



GPJ09-8205 is designed to seal without screws. The compact size and flip-over cover bring easy operation as well as complete function.

The splice trays are jointed with a hinge at one side, which makes the operation in each tray easier. It is designed to prevent from operation damage and warranting a minimum bend radius of 30mm.

The closure is suitable for uncut cable installation with ability to hold 16 soft cables or 16 adapters.

Plug and play function brings fast operation to each subscribers.

2.0 Description:

- Mechanical seal: Excellent sealing performance, reusable. Protection grade is IP 68.
- Installation method: wall-mounted, pipe-lined, pole-mounted
- Feature:
 1. It achieves many national utility model patents.
 2. Box and key design is easy for operation, exquisite in appearance.
 3. One uncut cable port (applicable to cable diameter D10~D17.5mm), 16 small cable ports (applicable to cable diameter which is less than D6mm), 2

branching cable ports (applicable to cable diameter D8~D17.5mm by changing sealing units to achieve.

4. It is 24F/cover tray, the maximum is 96F (4 cover trays), splitters can be installed on the cover tray (one 1:16 splitter or two 1:8 splitters).
5. Include a distribution panel for up to 24 SC/UPC or SC/APC couplers.
6. It is made by modified polymer plastic which provide excellent performance in different using circumstance such as, anti-UV, anti-corrosive, antifreeze, resistant to fungi cording with ISO846.

3.0 Technical Parameter:

Box Material	Modified polymer plastic	Appearance size (mm)	380×245×130
Seal Material	Vulcanized silicone rubber	Weight(kg)	3~3.5
Working Temperature	-40°C~+65°C	Relative Humidity	90% to 30 °C
Storage Temperature:	-40°C~+65°C	Protection grade	IP 68, IK 06
Standards	ISO9001, ISO14001, CNAS, IAF, UL 94 V0		

4.0 Structure

4.1 Closure and accessories



(Picture 1)

4.2 Parts list

4.2.1 Main kits

S/N	Description	Quantity	Note
1	Lid	1	337(L)×242(W)×63(H)mm.
2	Base	1	
3	Sealing ring	1	Box sealing
4	8205 sealing parts	20	Sealing cable ports
5	Splice tray	4	For cable splicing and storage
6	Splice tray cover	1	
7	Splice tray bandage	1	Fixing several splice trays
8	Fastener bolt	2	Fixing lid and cover of closure
9	Buckle	4	Fixing lid and cover of closure
10	Tight nuts	16	Sealing soft cable ports
11	Tight tool	1	Special for tight the nuts
12	Cable fixing panel	1	Fixing un-cut cable and branch cables.
13	Adaptor installation panel	4	An adaptor panel for 6 SC simplex adaptors
14	Splice tray bracket	1	Install 4 splice trays
15	Top cover stopper	1	Limit top cover
16	Plastic nuts	2	Fixing cable

4.2.2 Standard parts

S/N	Description	Quantity	Note
17	Wall mounting kit	1	For wall mounting
18	Expansion anchor bolt	2	Parts of the wall mounting kit
19	Hexagon bolt	2	Parts of the wall mounting kit
20	Nylon tie (3*120mm)	12	Fixing cable
21	Fusion sleeve (Φ1.0*60mm)	According to the fiber cores.	Cable splicing
22	0.2m coil tube	1	Protect the fiber
23	Insulation tape	1	Accessorial fixation
24	0.5m EVA tube	1	Protect fiber
25	Drier	1	
26	M6 internal hexagonal wrench	2	Tool to open the box
27	Plastic key	1	Tool to adjust soft cable ports.
28	Plastic key	1	Tool to adjust the round cables ports
29	Grommet for oval port	2	One for cable dia. From 10-12mm and one for cable dia. From 12-14mm
30	Grommet for round port	2	For cable dia. From 10-12mm
31	Plastic plug	4	Seal the cable port.

4.2.3 Optional parts

S/N	Description	Quantity	Note
32	Pole mounting kit	1	For pole mounting
33	Valve	1	Testing sealing performance
34	Grommet	1 or more	According client requirement (D8~D17.5mm)
35	SC adaptters	1~24	UPC or APC
36	SC pigtails	1~24	UPC or APC; G652D or G657A1/A2

PURCHASE TIP

Type	Code	Name	Packaging size	Remark
GPJO9-8205		24F fiber splice closure	540×410×375 (4 pcs)	
		48F fiber splice closure		
		72F fiber splice closure		
		96F fiber splice closure		

Anexo J: Datasheet Cable Monomodo de 12 Hilos de Fibra Óptica

CABLE PLANO MONOMODO DE 12 FO



CATÁLOGO

DESCRIPCIÓN

C9P100VHE012

Cable plano G.652 D dieléctrico, de 12 fibras

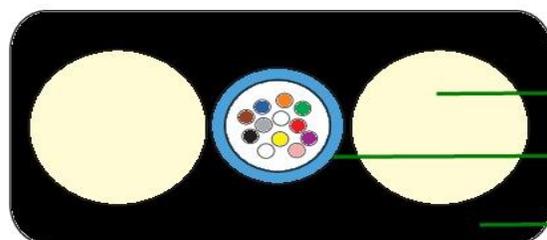
1. CHARACTERISTICS	UNIT	VALUE
ATTENUATION @ 1310 nm	dB/km	≤ 0.38 Max & ≤ 0.35 Average
@ 1550 nm		≤ 0.25 Max & ≤ 0.22 Average
CHROMATIC DISPERSION 1285-1330 nm	ps/nm.km	≤ 3.5
At 1550 nm		≤ 18.0
ZERO DISPERSION WAVELENGTH	nm	1300 - 1324
ZERO DISPERSION SLOPE	ps/nm ² .km	≤ 0.092
CUT OFF WAVELENGTH	nm	≤ 1260
POLARISATION MODE DISPERSION	ps/√.km	≤ 0.2
MODE FIELD DIAMETER at 1310 nm	um	9.3 ± 0.5
CORE- CLAD CONCENTRICITY ERROR	um	≤ 0.8
CLADDING NON CIRCULARITY	%	≤ 1.0
CLADDING DIAMETER	um	125 ± 1.0
COATING DIAMETER	um	245 ± 10

2. MECHANICAL & ENVIRONMENTAL PROPERTIES		
A. MAX. OPERATING TENSIO	:	500 Newton
MAX INSTALLATION TENSION	:	1000 Newton
B. CRUSH RESISTANCE	:	2000 Newton/10 cm
C. MINIMUM BENDING RADIUS-- TEMPERORY	:	100 mm
PERMENANT	:	200 mm
D. MAX. OPERATING/ INSTALLATION TEMPERATURE	:	- 30 °C to + 70 °C

3. PHYSICAL & DIMENSIONS PROPERTIES		
NO. OF FIBRES		12F
COLOUR OF FIBRE		BLUE, ORANGE, GREEN, BROWN, SLATE, WHITE, RED, BLACK, YELLOW, VIOLET, PINK & AQUA
TYPE OF FIBRE		SM G652 D
NOMINAL DIMENSIONS		
A) WIDTH		7.0 ± 0.3 mm
B) HEIGHT		3.6 ± 0.3 mm
DIAMETER OF EAA COATED F.R.P. ROD (2 nos.)		1.8 ± 0.05 mm
DIAMETER OF LOOSE TUBE		1.6 mm Nominal
SHEATH THICKNESS		0.90 mm Nominal
WEIGHT OF CABLE		30 ± 3 Kg/Km
STANDARD LENGTH		2.0,3.0,4.0 ± 5% KMS

CABLE MONOMODO G.652 D, PLANO SEMISECO, FORRO HDPE, REFUERZO VARILLA F.R.P. 12 FIBRAS ÓPTICAS, PESO: 30 KG/KM, ANCHO 7 MM, ALTO 3.6 MM

CONSTRUCTION OF CABLE:



F.R.P. ROD

LOOSE TUBE WITH FIBRE & DRY JELLY

SHEATH (H.D.P.E.)



LA FERRETERA DE LAS TELECOMUNICACIONES®
Tel. (55)5243-6900, del interior 01800-INCOM-00
ventas@incom.mx, www.incom.mx

COTAS EN:

PESO APROX:

ULTIMA ACTUALIZACIÓN:

2018/01/10

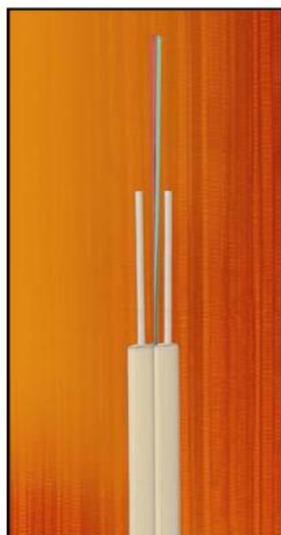
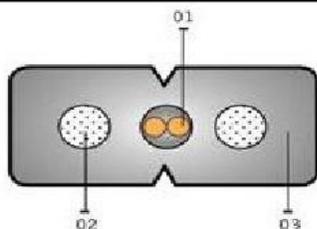
COMENTARIOS:

Anexo K: Datasheet Cable Drop G.657

.....
OPTRAL



CAS FLAT / F1 – Cable Plano de Acometida



Descripción Cable

- 01. Fibras Ópticas
- 02. FRP
- 03. Cubierta Exterior

Aplicaciones

Interior
 Cable drop FTTx

Resistencia fuego

No propagador llama
 Libre halógenos
 Baja emisión humos

Ventajas

Ligero / Resistente / Dieléctrico / Diámetro reducido.



TOTALMENTE
DI ELECTRICO



NO PROPAGADOR
DE LA LLAMA



BAJA EMISION
HUMOS



LIBRE
HALOGENOS

ESPECIFICACIONES

	ESPECIFICACIONES
Tipo	F100
Fibras	2
Tipo Fibra	G.657
Identificación Fibras	Código Colores ¹
Elementos Tracción	FRP
Cubierta Exterior	LSZH ¹
Color Cubierta	Marfil
Peso (Kg/m)	7.6
Ø Exterior (mm)	2.0 x 3.0 ± 0.20
Tracción Máxima (N)	100
Aplastamiento	1000 N/10cm
Rango Temperaturas	-30°C to +70°C

Normas referencia

Ensayos mecánicos y térmicos según EN187000, IEC60794-1-2.

Código colores: Rojo – Verde.

¹LSZH: Compuesto libre halógenos, baja emisión humos, retardante a la llama.

.....

Anexo L: Datasheet de Gabinete Marca Huawei F01300



F01S300 Cabinet

>> Installation Scenarios

Concrete foundation or elevated platform

>> Highlights

- Enclosure design** Uses IP55 enclosed-type design to effectively isolate external harmful dust or gases that may cause corrosion, so that the service life of the equipment is at least 24 months longer.
- Ultra long service life** Uses 1.5 mm aluminum sheets with 20-year anti-corrosion performance and a particular battery compartment for heat dissipation, so that the service life of the storage batteries is at least 50% longer.
- High availability** Provides up to 60 kA protection capability, built-in hinges, built-in mounting holes, high burglar-proof performance, independent MDF/ODF compartments, and permission-based maintenance.
- Ultra mute design** Intelligently adjusts the speed of fans, so that the produced noise reaches the conservation district level.
- Humanized design** Provides a lighting lamp, a diesel generator interface, and others.
- Support for future evolution** Supports the 5683T OLT optical configuration for future evolution.

>> Product Parameters

Dimensions	1350 mm x 850 mm x 450 mm (H x W x D)
Storage battery capacity	One set of 50 Ah or 100 Ah storage batteries
Maximum weight (without/with storage batteries)	140 kg/280 kg
Operating environment	-33°C to +45°C (solar radiation 1120 W/m ²)
Noise standard	ETS300753 Class 4.1E conservation district level
Heat dissipation mode	Heat exchanger
Maximum heat dissipation capability	1000W/50°C

>> Service Configuration

Configuration	Users
1 DC MA5603T (OLT)	96 PON
1 DC MA5603T (MSAN)	32 SHDSL + 32 E1 + 256 POTS/VDSL2/ADSL2+ 32 SHDSL + 32 E1 + 192 (POTS + ADSL2+) 384 POTS/VDSL2/ADSL2+/(POTS + VDSL2) 288 (POTS + VDSL2/ADSL2+) 32 GPON + 256 POTS/VDSL2/ADSL2+ 32 GPON + 192 (POTS + ADSL2+)
3 DC MA5616	768: POTS 384: VDSL2/ADSL2+ 384: POTS+VDSL2/ADSL2+ 192: VDSL2 (Supports SuperVector) 512: VDSL2 (Supports Vectoring)

Los anexos M y N realizados en el software de Autocad se encuentran en el CD adjunto.

Anexo M: Red Feeder

Anexo N: Red Distribución

Anexo O: Recomendación UIT-T G.984.x Redes Ópticas – PON

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-TSECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT**G.984.1**

(03/2003)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALESSecciones digitales y sistemas digitales de línea –
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes
locales

**Redes ópticas pasivas con capacidad de
Gigabits: Características generales**Recomendación UIT-T G.984.1

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.989
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN - ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

Para más información, véase la *Lista de Recomendaciones del UIT-T*.

Recomendación UIT-T G.984.1

Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales

Resumen

En esta Recomendación se describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de ancho de banda de los servicios para empresas y particulares y abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido descendente (hacia el destino) y de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido ascendente (hacia el origen). Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits (GPON, *gigabit-capable passive optical network*) simétricos y asimétricos (ascendentes/descendentes). Además, se proponen las características generales de los sistemas GPON basándose en las necesidades de servicio de los operadores.

Esta Recomendación tiene por objeto mejorar el sistema descrito en la Rec. UIT-T G.983.1 para lo cual se examina de nuevo el servicio de soporte, las políticas de seguridad, las velocidades de bit nominales, etc. Para garantizar la máxima continuidad de los sistemas y la infraestructura de fibra óptica existentes, en esta Recomendación se mantienen algunos de los requisitos de la Rec. UIT-T G.983.1.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.984.1 (2003), preparada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 16 de marzo de 2003.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2003

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.984.2

(03/2003)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y
redes locales

**Redes ópticas pasivas con capacidad
de gigabits: Especificación de la capa
dependiente de los medios físicos**

Recomendación UIT-T G.984.2

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.989
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.984.2

Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos

Resumen

En esta Recomendación se describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de anchura de banda de los servicios para empresas y particulares, y abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido descendente y 155,520 Mbit/s, 622,080 Mbit/s, 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido ascendente. Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON) simétricas y asimétricas (ascendentes/descendentes). Además, se proponen los requisitos de la capa física y las especificaciones de la capa dependiente de los medios físicos (PMD). La capa de convergencia de transmisión (TC) y el protocolo de determinación de distancia para los sistemas GPON se describen en otra Recomendación UIT-T.

El sistema descrito constituye una evolución con respecto al de la Rec. UIT-T G.983.1. En esta Recomendación se mantienen los requisitos de la Rec. UIT-T G.983.1, en la medida de lo posible, a fin de lograr la máxima compatibilidad con los sistemas e infraestructura de fibra óptica existentes.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.984.2 fue aprobada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8 el 16 de marzo de 2003.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2003

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.984.3

(02/2004)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes
locales

**Redes ópticas pasivas con capacidad de
gigabits: Especificación de la capa de
convergencia de transmisión**

Recomendación UIT-T G.984.3

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.989
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.984.3

Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión

Resumen

En esta Recomendación se describe la capa de convergencia de transmisión de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits, una familia de redes de acceso flexible capaces de proporcionar una gama de servicios de banda ancha y de banda estrecha. Se describen sistemas que funcionan a velocidades de 1,24416 y 2,48832 Gbit/s en sentido descendente, y 0,15552; 0,62208; 1,24416 y 2,48832 Gbit/s en sentido ascendente. Incluye las especificaciones de trama, mensajes, determinación de distancia, funcionalidad OAM y seguridad de la convergencia de transmisión de las PON con capacidad de gigabits (*GTC, gigabit transmission convergence*).

Esta Recomendación forma parte integrante de la serie de Recomendaciones UIT-T G.984 que especifican un conjunto único coherente de sistemas de transmisión de acceso.

La serie de Recomendaciones UIT-T G.984 difiere de la serie G.983 principalmente en que se describen velocidades binarias de línea superiores. Como consecuencia, la serie G.984 abarca numerosos aspectos y características técnicas de forma diferente a la serie G.983. Ambos sistemas no son interoperables.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.984.3 fue aprobada el 22 de febrero de 2004 por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2004

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.984.4

(06/2004)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y
redes locales

**Redes ópticas pasivas con capacidad de
gigabits: Especificación de la interfaz de control
y gestión de la terminación de red óptica**

Recomendación UIT-T G.984.4

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.989
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS AL PROTOCOLO ETHERNET SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.984.4

Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica

Resumen

En esta Recomendación se especifica la interfaz de control y gestión (OMCI) de la terminación de red óptica (ONT) para los sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (G-PON), como se define en las Recs. UIT-T G.984.2 y G.984.3.

En primer lugar, se especifican las entidades gestionadas de una base de información de gestión (MIB) independiente del protocolo que determina el intercambio de información entre la terminación de línea óptica (OLT) y la terminación de red óptica (ONT). Además, se describen el canal, el protocolo y los mensajes detallados de gestión y control de la ONT.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.984.4 fue aprobada el 13 de junio de 2004 por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2005

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

Anexo P: Normativa de Instalación ARCOTEL

ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) en la norma técnica N° ARCOTEL-2015-0568 que tiene como objeto, regular el despliegue y tendido, identificación, ordenamiento y reubicación de las redes físicas aéreas de servicios de telecomunicaciones, servicios por suscripción (audio y video modalidad cable físico) y redes privadas. En efecto:

Art. 2. Esta Norma aplica a todas las personas naturales y jurídicas, empresas públicas, privadas o mixtas y de economía popular y solidaria, que posean títulos habilitantes otorgados por ARCOTEL, para la prestación de servicios de telecomunicaciones, servicios por suscripción (audio y video modalidad cable físico) y redes privadas, propietarias de redes físicas aéreas, así como a los propietarios de postes y las entidades gubernamentales y seccionales que tengan competencia sobre las infraestructuras en las cuales se instalan redes físicas aéreas en todo el territorio nacional.

Art. 4.- Definiciones.- Los términos técnicos empleados en esta Norma y no definidos, tendrán el significado establecido en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, en el Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, en las resoluciones o normativa de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), en los convenios y tratados internacionales ratificados por el Ecuador; y, en las regulaciones respectivas emitidas por la ARCOTEL.

Capítulo II

Lineamientos Técnicos de Ordenamiento e Implementación de Redes Físicas Aéreas

Art. 5.- Ubicación de redes físicas aéreas en postes. En un poste la ubicación de las redes físicas aéreas de telecomunicaciones será bajo la infraestructura de las redes eléctricas; es decir, bajo las redes de energía eléctrica de medio voltaje, bajo voltaje, y alumbrado público, contemplando los siguientes aspectos:

1) Las distancias de separación vertical entre el piso y el último cable sujeto al poste, debe ser de 5 m; y además, deberán estar a un mínimo de 50 cm debajo del tendido eléctrico de baja tensión, considerando la situación y ubicación de la red eléctrica previamente instalada; cuando la altura del poste lo permita. La separación mínima será en el punto de amarre o sujeción.

2) Para el tendido de las redes físicas aéreas, no se podrá utilizar para su apoyo los elementos y accesorios activos que forman parte de la infraestructura del sistema de distribución eléctrica.

3) El tendido de las redes físicas aéreas deberá ser al lado de la calzada de los postes.

4) Las redes físicas aéreas de un mismo propietario tienen que instalarse en su respectivo herraje, estar empaquetadas, adosadas y debidamente etiquetadas, según lo dispuesto en esta norma.

5) En cada poste no se permitirá más de seis (6) cables de transporte o distribución, ni más de ocho (8) cables de redes para servicio a abonados/clientes/suscriptores o acometidas, por cada ubicación en el herraje. Se tendrán seis (6) ubicaciones por herraje. Para las redes previamente instaladas antes de la vigencia de la presente Norma, las mismas se sujetarán a lo señalado en las Disposiciones Transitorias de la presente Norma. El herraje será instalado por las personas naturales o jurídicas dueños de los postes y será de su propiedad, conforme la estandarización del herraje a ser establecido por la ARCOTEL conjuntamente con el MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable)

6) La ubicación de cada paquete de cables de cada propietario de redes físicas aéreas deberá estar en cada ubicación del herraje y tendrá una separación entre ubicación en el herrajes de 5 cm.

7) La reserva, de necesitarse, será dejada en infraestructuras civiles subterráneas, en caso de que se disponga de dicha facilidad; caso contrario, se puede dejar reserva de cables entre postes utilizando de preferencia ménsulas de material sintético (tipo "snow shoes") o formando una figura "8" y cosidas o tejidas. La reserva de cable tendrá como máximo el 40% de la distancia del vano de poste a poste, y será instalada a 1 m alejada del poste; dichas

reservas deberán estar fuera del empaquetamiento del propietario de redes físicas aéreas. Se podrá instalar el número de cables independiente de la tecnología y tipo de cables, siempre y cuando, la tensión mecánica no exceda las condiciones establecidas por la persona natural o jurídica propietaria de los postes. En caso de daños en los postes atribuibles a los prestadores de servicios que afecten al poste, la propietaria de los postes, en aplicación del contrato de arrendamiento de postes dispondrá las acciones pertinentes para solucionar dicho inconveniente.

8) En postes donde existan equipos de transformación, protección y seccionamiento eléctrico se podrán instalar únicamente cables y se podrán instalar elementos pasivos apoyados en el cable del operador a una distancia máxima de 1.40 m. del poste que soporta los equipos eléctricos siempre y cuando el elemento pasivo no supere los 2 Kg de peso.

9) En caso de que la persona natural o jurídica propietaria de los postes requiera modificar los elementos de red instalados, deberá notificar formalmente a los propietarios de redes físicas aéreas involucrados, con el propósito de que ellos realicen el rediseño de sus redes y la reubicación de sus elementos activos y pasivos; los propietarios de las redes físicas aéreas efectuarán dicho cumplimiento en un plazo no mayor a 10 días. Para los casos de fuerza mayor o caso fortuito, la persona natural o jurídica propietaria de los postes deberá notificar inmediatamente a las propietarias de redes físicas aéreas, a fin de que en un plazo máximo de 24 horas se realicen los trabajos de reparación o adecuación correspondientes.

10) Las puestas a tierra de las redes físicas aéreas podrían coincidir en el mismo poste con las puestas a tierra de la red eléctrica.

11) Se deberán evitar cruces aéreos de cables a lo largo del vano. Adicionalmente se prohíbe el cruce de cables aéreos en las vías, sin embargo, en aquellos casos donde la factibilidad técnica no permita otro modo de implementación, se tenderá a un único cruce hacia un poste en el cual converjan todas las redes aéreas con el menor impacto visual, de conformidad con las normativas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados; para tal fin, el propietario de la red física coordinará lo pertinente con el propietario de los postes, a fin de que se realice la instalación correspondiente.

12) En los sitios donde existe transición aérea a subterránea (bajantes), se construirá la respectiva infraestructura bajo responsabilidad y costo de los propietarios de las redes físicas aéreas.

13) Las bajantes instaladas en los postes de energía eléctrica y que vayan a ser compartidas entre los propietarios de las redes físicas aéreas, estarán constituidas por tubería EMT de hasta 4 pulgadas con una altura máxima de 4 m. Las referidas bajantes deberán estar adosadas al poste y fijadas mediante cintas o flejes y coronadas por reversibles. Puede haber bajantes individuales y por propietario de red física aérea, sin embargo se deberá considerar la opción de compartición de infraestructura para el caso de prestadores de servicios.

14) Para el tendido de las redes físicas aéreas, no se autoriza usar postes ornamentales que sirven exclusivamente de alumbrado público, o estructuras de subtransmisión y transmisión de energía eléctrica. Otros postes que sirven para alumbrado público podrán ser utilizados bajo autorización del propietario de los mismos.

15) Los propietarios de redes físicas aéreas deberán tender sus redes obligatoriamente dentro del correspondiente empaquetamiento de cada propietario; es decir, todos los cables deberán estar debidamente empaquetados y etiquetados. Cualquier cable fuera del empaquetamiento respectivo que no se encuentre etiquetado o empaquetado para efectos de esta norma será considerado como no registrado y por tanto la ARCOTEL dispondrá el corte, retiro y demás acciones correspondientes a los propietarios de los postes que se deriven de la aplicación del ordenamiento jurídico, previo cumplimiento del procedimiento que la ARCOTEL apruebe para tal fin conforme el Plan de Intervención.

16) En los lugares donde exista infraestructura subterránea con ductos disponibles para redes de telecomunicaciones, queda terminantemente prohibido instalar cableado aéreo, debiendo suscribirse los respectivos acuerdos de uso de infraestructura con la propietaria de la infraestructura subterránea conforme a los términos, condiciones y plazos establecidos en la normativa vigente de compartición de infraestructura.

17) Los propietarios de redes físicas aéreas, deberán retirar a su costo, sus insumos e infraestructura tecnológica en desuso que se encuentren reposando en los postes y en caso de

no hacerlo, los propietarios de los postes están autorizados para hacerlo y cobrar lo correspondiente. En el caso de que no se logre identificar al dueño del cable para efectos de esta norma será considerado como no registrado y por tanto la ARCOTEL autoriza el corte, retiro y demás acciones correspondientes a los propietarios de los postes, previo cumplimiento del procedimiento que la ARCOTEL apruebe para tal fin conforme el Plan de Intervención.

18) Los vanos para la instalación de redes físicas aéreas deberán guardar una longitud máxima de 50 m. entre poste y poste en zonas urbanas. Para vanos mayores, en caso de que se requiera para cumplimiento de la presente norma, los propietarios de los postes, a su costo y previo el cumplimiento del ordenamiento jurídico correspondiente, deberán instalar los adicionales necesarios.

19) Para la instalación de redes físicas aéreas en puentes peatonales o vehiculares existentes, en caso de que no existan facilidades para instalación de redes físicas de telecomunicaciones, se usará tubería metálica (EMT), mangueras EMT y cajas metálicas para exteriores, dependiendo de la capacidad de la red, con sus respectivos accesorios que garanticen la seguridad de las redes y de la ciudadanía (peatón) las cuales estarán ubicadas en la parte lateral o inferior de los puentes y para el efecto deben contar con la autorización correspondiente de la persona natural o jurídica propietaria de los puentes peatonales.

Art. 6.- Ubicación en postes de elementos activos y pasivos.

1) Los elementos pasivos deberán ser instalados en los postes a una distancia de 10 cm bajo el herraje, para lo cual tendrá un espacio de 40 cm para su ubicación y ordenamiento, conforme las condiciones técnicas y operativas y la autorización establecida por la persona natural o jurídica propietaria de los postes. Se permitirá la instalación de elementos pasivos a lo largo del vano a una distancia máxima de 1.40 m del poste y cuando el elemento pasivo no supere los 2 kg de peso, procurando el menor impacto visual.

2) Los elementos activos deberán ser instalados en un espacio de 1 m. bajo el destinado para los elementos pasivos, conforme las condiciones técnicas y operativas y la autorización establecida por la persona natural o jurídica propietaria de los postes. También se podrán

instalar elementos activos apoyados en el cable del propietario de red a una distancia máxima de 1.40 m. del poste y cuando el elemento activo no supere los 10 kg de peso, procurando el menor impacto visual.

3) El propietario de las redes físicas aéreas deberá pagar a la persona natural o jurídica propietaria de los postes y a terceros, por los daños causados por su infraestructura que perjudique o afecte la infraestructura de postes.

Art. 7.- De los herrajes.- Los herrajes serán de metal galvanizado cuya resistencia permita el tendido de redes y para intemperie. Se utilizarán para suspender o fijar los cables a los postes, de modo tal que no provoquen ningún tipo de daño ni al cable, ni al poste. Los propietarios de redes físicas aéreas deberán utilizar herrajes que serán instalados por las personas naturales o jurídicas dueños de los postes, y bajo ningún concepto se perforará de manera alguna los postes, ni se utilizarán los elementos de montaje existentes correspondientes a las redes eléctricas. El herraje será instalado por las personas naturales o jurídicas dueños de los postes y será de su propiedad, conforme la estandarización del herraje a ser establecido por la ARCOTEL conjuntamente con el MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable) y los propietarios de postes.

Art. 8.- Precintos.- Los precintos utilizados en las redes físicas aéreas serán de material resistente a la intemperie, de color negro. Una vez instalados, el sistema de cierre no deberá abrirse por el peso del cable o variaciones de la temperatura ambiente, así como también por el número de cables permitidos en esta Norma

Art. 9.- Etiquetado.- Es la identificación que permite diferenciar la red física de los prestadores de servicios, de acuerdo a la codificación de colores establecida por la ARCOTEL. Deberán identificarse también otros elementos de la red física aérea, tales como: elementos activos y pasivos (nodos ópticos principales, de distribución); para lo cual, el propietario de la red física aérea, deberá usar un adhesivo durable y resistente a la intemperie conforme la codificación asignada con una dimensión de 5 cm de ancho por 10 cm de largo. La identificación de cada uno de los cables de las redes físicas aéreas, será a los dos lados del mismo poste y alejado entre 0,50 a 1 m del soporte y visibles de la red, etiquetando en la misma chaqueta del cable con un adhesivo durable y resistente a la intemperie que cubra todo

el contorno del cable, conforme la codificación de colores con una dimensión de 5 cm de ancho y 15 a 20 cm de largo para cables de transporte o distribución y para las acometidas de 5 cm de ancho a 10 cm de largo. La identificación de los propietarios de la red física aérea es independientemente del número de títulos habilitantes que éstos posean; no obstante, es obligación del propietario proporcionar, en el caso que requiera la ARCOTEL, en los términos, plazos y condiciones que establezca dicha Agencia, información que permita identificar el servicio y el título habilitante al que corresponde.

Identificación (Etiquetamiento) de los Propietarios de Redes Físicas Aéreas Color de Adhesivo Prestador Del Servicio, en la siguiente tabla 4 se muestra el etiquetamiento.

Tabla 54: Identificación (Etiquetamiento) de los Propietarios de Redes Físicas Aéreas Color de Adhesivo Prestador Del Servicio

COLOR	EMPRESA
BLANCO	CNT EP
GRIS	ETAPA EP
AZUL	SETEL, SATNET, SURATEL, TV CABLE, SATELCOM
AMARILLO	MEGADATOS, TELCONET
ROJO	ECUADORTELECOM S.A. CONECEL S.A.
VERDE	LEVEL 3 ECUADOR LVLTL S.A.
NARANJA	PUNTONET S.A.
BLANCO Y AZUL	OTECEL S.A.
VIOLETA	TELEHOLDING S.A.
BLANCO Y GRIS	GRUPO BRAVCO S.A.
BLANCO Y ROJO	CELEC E.P. TRANSELECTRIC, TRANSNEXA
BLANCO Y AMARILLO	OTROS Y NUEVOS PRESTADORES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

BLANCO Y VIOLETA	REDES PRIVADAS
BLANCO Y VERDE	PRESTADORES DEL SERVICIO DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN MODALIDAD CABLE FÍSICO

Fuente: (ARCOTEL, 2016)

Art. 10.- Empaquetamiento.- El empaquetamiento de redes físicas aéreas de telecomunicaciones por propietario de red física aérea y tecnología, deberá considerar lo siguiente:

1) Conforme a la factibilidad técnica, los precintos se colocarán al menos cada 2,50 m o menos para garantizar la uniformidad del elemento visual. El empaquetamiento se realizará para los cables de la red de transporte y distribución, no se incluye a los cables de acometida. El grupo de cables de acometidas deberán tener mínimo tres sujeciones equidistantes con precintos en su recorrido de poste a poste.

2) En caso de nueva infraestructura lo que deberá ser autorizado por las personas naturales o jurídicas dueños de los postes, los propietarios de redes físicas aéreas deberán usar el espacio del herraje a ser instalado por la persona natural o jurídica dueña de los postes, destinado para estos propietarios de redes físicas aéreas.

Art. 11.- Redes para servicio a abonados/clientes/suscriptores (acometidas).- La instalación de las redes de acometida está condicionada al lugar en que se vaya a instalar y a los materiales que se van a emplear. Pueden ser instaladas en los siguientes recorridos: fachadas, en líneas de postes o en canalizaciones subterráneas lo que deberá ser autorizado por las personas naturales o jurídicas propietarias de los postes y/o ductos, conforme sus normas técnicas de construcción y la planificación de los Gobiernos Autónomos y Descentralizados. Los cables de acometida a los predios de los abonados/clientes/suscriptores, en zonas urbanas utilizarán en su recorrido un máximo de 8 postes y deberán ser instalados de acuerdo a la presente normativa. El número de cables para la Acometida no será mayor de 8 en su recorrido de poste a poste.

Art. 12.- Reglas de instalación de redes para servicio a abonados/clientes/suscriptores (acometidas).- Las acometidas de todos los prestadores de servicios respetarán las siguientes reglas:

1) Las acometidas de cada prestador de servicio irán agrupadas y adosadas unas a otras independientemente si son cables tipo coaxial, cobre o fibra óptica, y con el recorrido más corto posible hasta llegar al punto de servicio.

2) Los propietarios de redes físicas aéreas que realicen la acometida a un predio deberán realizarla desde el poste más cercano y cumplir lo siguiente:

2.1) Cuando el predio esté ubicado en la misma acera del poste, la altura mínima de ingreso será de 3 m desde el piso.

2.2) Cuando el predio esté ubicado en la acera opuesta del poste (cruce), la altura mínima de ingreso será de 5 m desde el piso.

2.3) Para predios que posean hasta 4 departamentos, el ingreso de cables de la acometida será a través de un tubo galvanizado con diámetro mínimo de 2 pulgadas que estará instalado lo más cercano a la fachada hacia la calle y terminará en una caja interna de distribución de mínimo 20 x 20 cm, cuya instalación estará a cargo del dueño del inmueble. El tubo galvanizado deberá ser compartido entre los operadores dueños de las redes aéreas de telecomunicaciones. Se permitirá hasta 3 cables de todas las tecnologías por prestador de servicio. Dicha acometida podrá ser soterrada.

2.4) Para acceso de la acometida a inmuebles de 5 departamentos o más, será únicamente vía ducto soterrado y dicha acometida terminará en una caja interna de distribución, cuya instalación estará a cargo del dueño del inmueble.

3) Los propietarios de redes físicas aéreas serán los responsables, a su costo, del retiro total de los insumos e infraestructura tecnológica en desuso por los abonados/clientes/suscriptores, en casos de cambios de domicilios, terminación del servicio, cambio de medio de transmisión, tecnología, u otros.

4) Las acometidas no deben cruzar avenidas ni calles en la mitad de la vía cuando se tengan postes en las dos aceras.

Art. 13.- Puesta a tierra.- Para la puesta a tierra de las redes físicas aéreas se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

1) Poner a tierra la red en el primer poste y cada décimo poste en una línea de cable (máximo cada 300 m) en caso de requerirlo.

2) Se deben poner a tierra todas las estaciones donde existan dispositivos activos.

3) Todos los dispositivos ubicados en un mismo poste de un mismo propietario de red física aérea se pondrán con un solo sistema de puesta a tierra.

Capítulo III

Derechos y obligaciones de los propietarios de redes físicas aéreas

Art. 14.- Derechos.- Los propietarios de redes físicas aéreas contemplados en la presente Norma, poseedores de títulos habilitantes, tendrán derecho a lo siguiente:

1) Instalar, desplegar y tender las redes físicas aéreas necesarias para la prestación de los servicios autorizados, con sujeción a lo dispuesto en la presente Norma, al ordenamiento jurídico vigente y al contrato de arrendamiento de postes que se aplique.

2) Los demás derechos que se establezcan en sus respectivos títulos habilitantes y en la normativa aplicable.

Art. 15.- Obligaciones.- Los propietarios de redes físicas aéreas tendrán las siguientes obligaciones:

1) Identificar sus redes físicas aéreas de conformidad a los criterios técnicos establecidos en esta Norma.

2) Retirar y asumir el costo por retiro de los insumos e infraestructura tecnológica en desuso que actualmente no mantienen abonados/clientes/ suscriptores de conformidad con esta Norma.

3) Mitigar el impacto visual que genera el tendido de redes físicas aéreas, conforme a lo establecido en la presente norma técnica y en ordenamiento jurídico vigente.

4) Efectuar los trabajos de instalación, mantenimiento preventivo y correctivo de su red física aérea, cumpliendo las normas de seguridad industrial vigentes.

5) Obtener de los Gobiernos Autónomos y Descentralizados y/o de la Entidad Competente vinculada con la jurisdicción respectiva, así como de los propietarios de los postes, los permisos o autorizaciones que correspondan para el despliegue de redes físicas aéreas.

6) Entregar anualmente a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL un catastro de sus redes físicas considerando sus modificaciones, hasta el 30 de enero de cada año, conforme los formatos aprobados por la ARCOTEL.

7) Cumplir con las condiciones técnicas y operativas establecidas por la persona natural o jurídica propietaria de los postes.