



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**“DISEÑO, EVALUACIÓN DE UNA RED FTTH UTILIZANDO
OPTISYSTEM Y ESTRATEGIA PARA LA OBTENCIÓN DE
CONCESIÓN QUE PERMITA BRINDAR SERVICIOS TRIPLE PLAY”**

JENNY EDITH SANI DOMÍNGUEZ

**Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo,
presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH,
como requisito parcial para la obtención del grado de:**

MAGÍSTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

Riobamba – Ecuador

MARZO - 2022

©2022, Jenny Edith Sani Domínguez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “DISEÑO, EVALUACIÓN DE UNA RED FTTH UTILIZANDO OPTISYSTEM Y ESTRATEGIA PARA LA OBTENCIÓN DE CONCESIÓN QUE PERMITA BRINDAR SERVICIOS TRIPLE PLAY”, de responsabilidad de la Ing. Jenny Edith Sani Domínguez ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal de Tesis:

Ing. Juan Vargas; Phd

PRESIDENTE



Firmado electrónicamente por:
**JUAN MARIO
VARGAS GUAMBO**

FIRMA

Ing. Mónica Andrea Zabala Haro; M.Sc.

DIRECTOR



Firmado electrónicamente por:
**MONICA ANDREA
ZABALA HARO**

FIRMA

Ing. Oswaldo G. Martínez Guashima; M.Sc.

MIEMBRO



Firmado electrónicamente por:
**OSWALDO GEOVANNY
MARTINEZ GUASHIMA**

FIRMA

Ing. Fabricio Javier Santacruz Sulca; M.Sc.

MIEMBRO



Firmado electrónicamente por:
**FABRICIO JAVIER
SANTACRUZ SULCA**

FIRMA

Riobamba, marzo 2022

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Jenny Edith Sani Domínguez, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

060399644-8

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jenny Edith Sani Domínguez, declaro que el presente **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Riobamba, marzo de 2022.

Jenny Edith Sani Domínguez
060399644-8

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado para quienes han sido y son el pilar fundamental para emprender nuevos retos, mis padres, mis hermanos, mi esposo y ahora mi dulce Emily.

Jenny

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi luz y guía en mi vida, por cada bendición recibida siendo una de ellas encontrarme con personas grandiosas que me han acompañado y apoyado para cumplir esta meta.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas al campo del conocimiento dentro de sus aulas.

Y el más extenso y caluroso agradecimiento a mi tutora Ing. Mónica Zabala McS. y miembros del tribunal Ing. Oswaldo Martínez Msc. e Ing. Fabricio Santacruz Msc. por la apertura y apoyo brindado durante el proceso.

Jenny

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xviii
----------------	-------	--------------

ABSTRACT	xix
-----------------	-------	------------

CAPITULO I

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Planteamiento del problema	1
1.2	Formulación del Problema.....	2
1.2.1	Sistematización del Problema.....	2
1.3	Justificación de la Investigación.....	2
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	General	4
1.4.2	Específicos.....	4
1.5	Hipótesis	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	5
2.1	Estudio del Arte	5
2.2	Bases Teóricas	6
2.2.1	Red óptica.....	6
2.2.2	Servicios Triple Play	29
2.2.3	Las Telecomunicaciones en el Ecuador.....	33

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.1	Diseño.....	36
3.2	Enfoque.....	36
3.3	Método de investigación.....	36

3.4	Alcance Investigativo	36
3.5	Técnicas	37
3.6	Localización	37
3.7	Estudio de la Demanda	40
3.7.1	Población Sector Residencial	40
3.7.2	Población Sector Corporativo.....	40
3.7.3	Tamaño de la Muestra	41
3.7.4	Análisis de datos.....	42
3.7.5	Situación actual	42

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1	Diseño Lógico	49
4.1.1.	Delimitación	49
4.1.2.	Capacidad por servicio	51
4.1.3.	Topología de la Red.....	52
4.1.4.	Arquitectura.....	52
4.1.5.	Análisis del Ancho de Banda.....	55
4.1.6.	Distribución de la red	59
4.1.7.	Presupuesto de enlace.....	65
4.2.	Diseño Físico	72
4.2.1.	Criterio para selección de elementos activos y pasivos de la red	73
4.2.2.	Tendido de Fibra Óptica.....	79
4.3.	Estrategia para la obtención de la concesión	79
4.3.1.	Proceso de concesión de permisos de operación	79
4.3.2.	Trámites legales.....	80
4.3.3.	Obligaciones básicas del concesionario	81
4.4.	Simulación.....	82
4.4.1.	Diagrama de flujo de la Red	82
4.4.2.	Ambiente de simulación	83

4.4.3.	Detalles del ambiente de simulación	85
4.4.4.	Bloques de simulación.....	86
CAPÍTULO V		
5.	PROPUESTA	90
5.1.	Ambiente simulado.....	90
5.2.	Parámetros Simulados	100
5.3.	Comprobación de Hipótesis.....	102
CONCLUSIONES.....		111
RECOMENDACIONES.....		113
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2.	Comparativo del tendido de cable.....	21
Tabla 2-2.	Resumen de las características de las tecnologías PON	27
Tabla 3-2.	Características de las clases GPON	28
Tabla 4-2.	Parámetros de Elementos activos clase B+.....	28
Tabla 5-2.	Pérdidas en la clase B+	28
Tabla 6-2.	Margen de guarda	29
Tabla 7-2.	Capacidad de canal sector residencial.....	30
Tabla 8-2.	Capacidad de canal sector corporativo	31
Tabla 1-3.	GPoblación del Cantón Pelileo	37
Tabla 2-3.	Entidades representativas de Pelileo.....	39
Tabla 3-3.	Estado actual de servicios de telecomunicaciones, sector residencial	43
Tabla 4-3.	Estado actual de servicios de telecomunicaciones, sector corporativo.	44
Tabla 1-4.	Capacidad de canal por servicio y sector	51
Tabla 2-4.	Primer nivel de splitteo	56
Tabla 3-4.	Segundo nivel de splitteo	57
Tabla 4-4.	Elementos de la red de distribución y dispersión.....	60
Tabla 5-4.	Atenuaciones en fibra G.652.D y G.657.A.....	65
Tabla 6-4.	Atenuaciones por splitter	67
Tabla 7-4.	Presupuesto óptico NAP's más cercanas	69
Tabla 8-4.	Presupuesto óptico NAP's más distantes.....	70
Tabla 9-4.	Comparativo características OLT	73
Tabla 10-4.	Comparativo características ONT.....	75
Tabla 11-4.	Parámetros fibra G.655 y G.652	77
Tabla 12-4.	Comparativo de fibras para red de dispersión.....	78
Tabla 13-4.	Comparativo de splitters	79
Tabla 14-4.	Potencias OLT y ONT	85
Tabla 1-5.	Factor Q y BER de NAPS cercanas y distantes.....	95
Tabla 2-5.	Atenuación promedio por cada zona.....	98

Tabla 3-5.	Parámetros simulados por enlace.....	100
Tabla 4-5.	Operacionalización conceptual de variables.....	103
Tabla 5-5.	Cuadro cálculo de chi cuadrado.....	107
Tabla 1-B.	Frecuencia de uso de los servicios	122
Tabla 2-B.	Satisfacción de los servicios de telecomunicaciones	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2.	Espectro de luz	7
Figura 2-2.	Fenómeno de reflexión en la fibra.....	8
Figura 3-2.	Reflexión de la luz en el interior de la fibra	9
Figura 4-2.	Curva de atenuación de la fibra óptica	10
Figura 5-2.	Efecto de la dispersión modal	10
Figura 6-2.	Anchos de banda fuentes de luz tipo LED	12
Figura 7-2.	Espectro de láser y del diodo led.....	13
Figura 8-2.	Mezclador óptico.....	14
Figura 9-2.	Divisor óptico.....	14
Figura 10-2.	Acoplador óptico	15
Figura 11-2.	Multiplexor óptico.....	15
Figura 12-2.	Demultiplexor óptico.....	15
Figura 13-2.	Conectores de fibra.....	17
Figura 14-2.	Patch cord de fibra.....	18
Figura 15-2.	Pigtail	18
Figura 16-2.	Formas de acceso de redes FTTX	23
Figura 17-2.	Transmisión en redes GPON.....	25
Figura 18-2.	Discriminación de paquetes	25
Figura 19-2.	Diagrama del ojo	32
Figura 1-3.	Zona Urbana 1 - Pelileo Nuevo.....	38
Figura 2-3.	Zona Urbana 2 – Pelileo Grande	38
Figura 3-3.	Medio de acceso para el servicio de telefonía, sector residencial	45
Figura 4-3.	Medios de acceso para el servicio de internet, sector residencial	45
Figura 5-3.	Medio de acceso de telefonía, sector corporativo.	47
Figura 6-3.	Medio de acceso de internet, sector corporativo.	47
Figura 1-4.	Pelileo zona urbana	50
Figura 2-4.	Zonificación Pelileo Nuevo.....	50

Figura 3-4.	Zonificación Pelileo Grande.....	51
Figura 4-4.	Diagrama de red	52
Figura 5-4.	Ubicación OLT en el diseño.....	52
Figura 6-4.	Red Feeder.....	53
Figura 7-4.	Red Feeder y manga.....	54
Figura 8-4.	Red de Distribución.....	54
Figura 9-4.	Red de Dispersión	55
Figura 10-4.	Red Interna	55
Figura 11-4.	Diagrama Lógico de la red	58
Figura 12-4.	Distribución de la red	59
Figura 13-4.	Pérdidas de inserción por splitters.....	66
Figura 14-4.	Ventanas de trabajo WR1 y WR2	67
Figura 15-4.	Presupuesto óptico zonas 1, 3, 4.....	67
Figura 16-4.	Presupuesto óptico zonas 2, 5.....	68
Figura 17-4.	Diagrama de elementos activos y pasivos	72
Figura 18-4.	Red óptica propuesta	72
Figura 19-4.	Diagrama de bloques de la red	73
Figura 20-4.	Proceso de Simulación	82
Figura 21-4.	Entorno GUI Optisystem.....	83
Figura 22-4.	Librería de componentes	83
Figura 23-4.	Entorno de simulación para una ONT	84
Figura 24-4.	Elementos OLT	86
Figura 25-4.	Bloque transmisor de voz/datos	87
Figura 26-4.	Bloque de red	87
Figura 27-4.	Bloque red de distribución	88
Figura 28-4.	Bloque ONT	89
Figura 1-5.	Señal eléctrica inicial	90
Figura 2-5.	Espectro de la señal de datos.....	91
Figura 3-5.	Espectro de la señal de video	91

Figura 4-5.	Señal óptica 16 QAM.....	92
Figura 5-5.	Espectro de la señal óptica resultante.....	92
Figura 6-5.	Mínimo BER, NAP más cercana.....	93
Figura 7-5.	Factor Q, NAP más cercana	94
Figura 8-5.	Mínimo BER, Nap más distante.....	94
Figura 9-5.	Factor Q, NAP más distante.....	95
Figura 10-5.	Diferencia Factor Q.....	96
Figura 11-5.	Diferencia del BER	96
Figura 12-5.	Potencia medida en la red ODF.....	97
Figura 13-5.	Potencia medida antes y después del primer nivel de splitters.....	97
Figura 14-5.	Potencia medida antes y después del segundo nivel de splitters	97
Figura 15-5.	Potencia en el receptor ONT	98
Figura 16-5.	Atenuación promedio zona 1.....	98
Figura 17-5.	Atenuación promedio zona 2.....	99
Figura 18-5.	Atenuación promedio zona 3.....	99
Figura 19-5.	Atenuación promedio zona 4.....	100
Figura 20-5.	Atenuación promedio zona 5.....	100
Figura 21-5.	Distribución chi-cuadrado	108
Figura 22-5.	Área de aceptación y rechazo de hipótesis, parámetro atenuación.....	109
Figura 23-5.	Área de aceptación y rechazo de hipótesis, parámetro factor Q.....	109
Figura 24-5.	Área de aceptación y rechazo de hipótesis, parámetro BER	110
Figura 1-B.	Usuarios por servicio	120
Figura 2-B.	Forma de acceso para el servicio de telefonía	121
Figura 3-B.	Forma de acceso para el servicio de internet	121
Figura 4-B.	Costo mensual por servicios de telecomunicaciones.....	122
Figura 5-B.	Servicios por horario de uso	123
Figura 6-B.	Contrato de servicios por proveedor.....	124
Figura 7-B.	Comparación de satisfacción e insatisfacción de servicios	125
Figura 8-B.	Acogida propuesta servicio triple play	125

Figura 9-B.	Porcentaje de usuarios por servicio.	126
Figura 10-B.	Tecnología de acceso de telefonía, sector corporativo.	127
Figura 11-B.	Tecnología de acceso de internet, sector corporativo.	127
Figura 12-B.	Precios por servicios, sector corporativo.	128
Figura 13-B.	Grado de satisfacción de servicios, sector corporativo.	128
Figura 14-B.	Acogida de la propuesta, sector corporativo.	129
Figura 1-C.	Diagrama de simulación.	130
Figura 1-D.	Distribución chi-cuadrado.	131

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** ENCUESTA
- Anexo B:** ANÁLISIS DE LA ENCUESTA
- Anexo C:** DIAGRAMA DE SIMULACIÓN
- Anexo D:** DISTRIBUCIÓN CHI-CUADRADO

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the design of an optical fiber in the urban area of Pelileo town and the legal requirements that authorize an internet service provider (ISP) to provide the triple play service through the optic fiber. Therefore, the current situation of the telecommunication services and their requirements was analyzed from surveys of residential and commercial areas. Subsequently, it was analyzed: the results of previous researches; ITU recommendations; access technologies, the features of the passive optical network (PON), the elements that take part in the PON, the kinds of fibers and their display, the requirements of the bandwidth for the different transmission standards of voice, video and data; the criteria to select the equipment; and the different elements that will be used to display the network. Thus, the design based on the gigabit passive optical network (GPON) is established, network that is fiber (FTTH) in its entirety, which means, it is optic fiber from the ISP to the final user. Due to all of this, the town was divided into zones, analyzing the bandwidth with its corresponding link budget. The estimation of the binary error rate (BER), the Q factor, and the reduction of equipment receiver, which are parameters that delimit the quality of reception, were determined by Optisystemm. The results are revealed to the closest and the most distant user by Eye Diagram. This uncovered a minimum of 12.10 and a maximum of 14.12 in all the Q factor links, numbers that are included in the minimum limits proposed by the ITU.G984.2 recommendation for future implementation.

Key words: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES >, <TELECOMUNICATIONS>, <PASSIVE OPTICAL NETWORK (PON)>, < GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK(GPON)>, <TRIPLE PLAY SERVICES>, <BINARY ERROR RATE (BER)>.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

Las redes de fibra óptica FTTH (Fiber to the home) mediante la tecnología GPON definida en la recomendación del ITU-T G.984 presenta velocidades de 2,5Gbps en ambas direcciones con alcances de hasta 20 Km, convirtiéndola en una tecnología innovadora respecto a las redes tradicionales de cobre con tecnología XDSL la cual presenta límites de velocidad de 52 Mbps y una distancia de 1.5 Km. Para FTTH las conexiones son punto a multipunto, pudiendo existir varios puntos de distribución en el sistema

La red propuesta en la investigación presenta esta tecnología ya que permite ofrecer a los clientes servicios de voz, video y datos por el mismo medio, actualmente estos servicios tienen medios de transmisión e infraestructura diferentes. La arquitectura comprende la red backbone, la red de distribución, la red de dispersión y la red interna la que se encuentra en el usuario final.

Para el análisis y comprobación del diseño se trabajó con el software informático Optisystem, en él se muestran los parámetros de BER, factor Q y atenuación presentes en la señal que se transmite y que se encuentran especificados en la ITU-T G-984.2 para una transmisión adecuada.

1.1. Planteamiento del problema

La forma de acceder a la información ha cambiado de manera drástica esto debido a la revolución del acceso a la información en los últimos años, el uso de la tecnología para el desarrollo de las actividades de trabajo, comercio, estudio, gobierno electrónico entre otros se ha masificado, haciendo que cada vez exista más usuarios solicitando y respondiendo peticiones vía web lo que genera mayor tráfico de datos que no pueden ser administrados porque el problema radica en las limitaciones físicas de la red la que se encuentra en su mayoría desplegada en cobre, evidenciando problemas como el retardo en las respuestas a las peticiones del usuario.

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se proyecta para el 2020, 25 mil millones de dispositivos conectados incluyendo las conexiones máquina a máquina debido a la visión de expansión del denominado internet de las cosas, para este tipo de proyectos se requerirán redes que permitan transmitir un mayor volumen de datos, a altas tasa de velocidad y mayor fiabilidad, lo cual se obtiene con las redes FTTH.

Pelileo es un cantón de la provincia de Tungurahua cuya población es de 56.6 mil habitantes de la cual el 17.9% corresponde a la parte urbana y el 82.1% a la parte rural (SENPLADES, 2014), el principal proveedor de internet es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones con 4567

líneas de acceso según el sistema transaccional de CNT Openflexis, mientras que CONECEL lidera el mercado de la telefonía e internet móvil (ARCOTEL, 2016).

Es de gran importancia que en el Ecuador se difunda el desarrollo e implementación de proyectos basados en redes de nueva generación no solo con la inversión pública sino también privada, para que los usuarios finales tengan mayores posibilidades en cuanto a variedad de precios y buen servicio, posibilitando a la sociedad el involucrarse en el mundo de la tecnología para crear nuevas posibilidades de desarrollo en distintas áreas.

1.2 Formulación del Problema

¿Mediante el software optisystem será posible evaluar y diseñar la red FTTH que permita brindar servicios de voz, video y datos en la zona urbana de Pelileo?

1.2.1 Sistematización del Problema

- ¿El análisis de la situación actual y requerimientos de conectividad en la zona urbana de Pelileo, recopilará datos que aporten en el diseño de la red óptica?
- ¿El desarrollo del estado del arte de las redes FTTH adaptará la tecnología propuesta en la zona urbana de Pelileo?
- ¿La recopilación de información del procedimiento legal permitirá obtener los requisitos para la concesión?
- ¿El diseño de la red FTTH permitirá la evaluación mediante el software optisystem para obtener los equipos y elementos que se adapten a las características de la zona?

1.3 Justificación de la Investigación

La comunicación y acceso a servicios en la última década se ha basado en redes de audio, video y datos y según (ARCOTEL, 2017) la tendencia va en crecimiento debido a la creación de aplicaciones que permiten mayor interactividad entre el usuario e instituciones de diferente índole, haciendo que las solicitudes en el canal sean recurrentes llegando a la saturación del mismo por el limitado ancho de banda.

Para una transmisión de audio, video y datos por un mismo canal se requiere un medio de transmisión que ofrezca altas prestaciones ya que para el servicio de televisión usualmente

requiere 140 Mbps al ser una transmisión de video en tiempo real cuya tasa varía dependiendo si la calidad es estándar o alta definición, en el caso de telefonía se requiere aproximadamente 2.8 Mbps y en acceso a datos 43 Mbps, según (Alvear, 2011), llegando a un requerimiento de 186.8 Mbps en el enlace, valores que no son posibles en redes de cobre.

El acceso a las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) influye en todos los sectores económicos y las cadenas productivas, la innovación tecnológica con incorporación de las TIC en las cadenas de valor conlleva a mejorar los niveles de productividad y competitividad de una economía (MINTEL, 2014), razón por la cual es importante la implementación de redes de nueva generación entre ellas la FTTH, la cual posee características que permite soportar demandas a futuro, por las prestaciones que ofrece. La tendencia a nivel mundial es la comunicación integrada en un solo medio de transmisión.

En el Ecuador gracias a la inversión de muchas empresas tanto públicas como privadas ha permitido el despliegue de proyectos con redes de nueva generación, que alcanzan los 42 758 Km con cobertura en todo el país continental y niveles más bajos de analfabetismo digital cuya cifra en el 2010 era del 29.2% y para el 2013 esa cifra fue del 20% (El Ciudadano, 2015), permitiendo que se amplíen las oportunidades de crecimiento e inclusión por lo que es necesario que se sigan desarrollando proyectos de telecomunicaciones acorde a las requerimientos actuales y futuros.

Las telecomunicaciones se basan actualmente en la red de internet, por lo que cada vez se requieren mayores prestaciones y las operadoras tienen el reto de brindar a sus abonados el servicio con la tecnología que cumpla con parámetros acordes a los ambientes de aplicación, evitando relegarse del cambio tecnológico y ser competitivos frente a las demás operadoras, por lo que actualmente se propone la transmisión por redes FTTH.

En la Constitución de la República en el numeral 2 indica que el estado fomentará la pluralidad y diversidad en la comunicación permitiendo la creación de medios públicos, privados y comunitarios así como el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación en especial para las personas y colectividades que carezcan de dicho acceso o lo tengan de forma limitada, por lo que es importante el apoyo del sector educativo para que se brinde la guía técnica que facilite el desarrollo e inversión en este tipo de proyectos artículo 17 (2008).

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Definir el diseño y evaluar una red FTTH utilizando optisystem y la estrategia para la obtención de concesión que permita brindar servicios triple play en la zona urbana de Pelileo.

1.4.2 Específicos

- Analizar la situación actual y requerimientos de conectividad en la zona urbana de Pelileo para recopilar datos que aporten en el diseño de la red óptica.
- Desarrollar el estado del arte de las redes FTTH para aplicar la tecnología propuesta en la zona urbana de Pelileo.
- Recopilar información del procedimiento legal para la obtención de los requisitos para la concesión.
- Diseñar la red FTTH y evaluar mediante el software optisystem para obtener los equipos y elementos que se adapten a las características de la zona.

1.5 Hipótesis

Mediante Optisystem será posible evaluar y diseñar la red FTTH para brindar servicios de voz, video y datos en la zona urbana de Pelileo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estudio del Arte

La comunicación es una necesidad imperante entre los seres humanos para obtener acceso a información, es así que las telecomunicaciones han permitido esta actividad no solo a cortas distancias sino a cientos de kilómetros y cada día van evolucionando desde la invención del teléfono convencional el cual inicialmente utilizaba operadores manuales, transmisión mediante cables y a cortas distancias hasta nuestros días en donde a este mismo servicio se le ha permitido la incorporación de otros nuevos como el internet, esto gracias a la utilización de equipos de conmutación y medios para la transmisión más eficientes como el par trenzado y coaxial hecho de cobre y recientemente la fibra óptica hecha de vidrio o materiales plásticos.

A nivel mundial se desarrollan e implementan nuevas alternativas de transmisión para hacer de la comunicación una transferencia de información a escala es decir cada vez con mayores tasas de transferencia. Para permitir la masificación de la información es necesario que se cuenten con redes robustas que permitan un mayor flujo de datos tanto de subida como de bajada, la imperante necesidad de acceso a los novedosos avances en comunicación como el internet de las cosas IoT será posible solo si las redes de comunicaciones actuales se transforman haciéndose más robustas fiables y rápidas.

En Colombia la empresa Azteca Comunicaciones impulso en el 2014 un megaproyecto de infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional, desplegando fibra óptica mediante una red nacional que pretende alcanzar una extensión de 19 mil kilómetros, lo que hará posible la conexión de 753 municipios y 2.000 instituciones públicas del país. (Hernández, 2014)

En Chile se expone la importancia de la creación de proyectos de telecomunicaciones basados en fibra refiriéndose al adelanto que significará en los aspectos naval y marítimos ya que una mejor conectividad apoyará las labores de los sistemas de mando, control de emergencias, catástrofes, comunicaciones y de información, pero los cuales cada vez requieren mayor ancho de banda para prestar dichos servicios. (La Prensa Austral, 2015)

Para conectar distancias aún más largas se han trabajado en proyectos como el PCCS (Pacific Caribbean Cable System) cuyos inicios tuvo a finales del 2012 y consiste en un sistema de cable submarino el cual ha sido diseñado para operar múltiples longitudes de onda de 100Gigas, este proyecto constituye una de las conexiones más importantes a los

contenidos de internet de una demanda que crece aceleradamente en todo el Caribe, América Central y América del Sur, por ende es una de las principales salidas de Ecuador (TELCONET, 2015).

Es importante conocer que para la implementación de redes de telecomunicaciones se debe trabajar en base a las normas establecidas por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones, ente encargado de la estandarización. Para las redes ópticas en el plano de control se trabaja con las ASON (Automatized Switched Optical Network), normas en la cual consta el marco para la descripción de diversas funciones de la red como el autodescubrimiento de topologías, encaminamiento, reserva de recursos y a su vez la estandarización de las interfaces entre capas y planos (Mukherjee, 2006).

Actualmente las redes están basadas en un plano IP por lo que en las redes ópticas no podían ser la excepción, este tipo de redes con su capa subyacente basada en multiplexación por división de longitud de onda (WDM) está siendo objeto de investigación para muchos autores en la última década (Maier, 2008), ya que se considera la opción más prometedora para construir redes ópticas conmutadas de gran capacidad a bajo coste (Mukherjee, 2006).

2.2 Bases Teóricas

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se proyecta para el 2020, 25 mil millones de dispositivos conectados incluyendo las conexiones máquina a máquina debido a la visión de expansión del denominado internet de las cosas, para este tipo de proyectos se requerirán redes que permitan transmitir un mayor volumen de datos, a altas tasa de velocidad y mayor fiabilidad.

La red diseñada en la investigación tiene una tecnología innovadora, el uso de la fibra óptica como medio de transmisión en todas las etapas es decir desde el backbone hasta el usuario final la cual se conoce como FTTH, mediante el cual se transmiten tres servicios (voz, video, datos), actualmente estos servicios tienen medios de transmisión e infraestructura diferentes. Al diseñar una red que consolida los tres servicios se brinda la ventaja a la operadora de tener una red escalable y con mayores facilidades de administración mientras que al usuario le posibilita el acceso a mayores prestaciones dentro de una misma red.

2.2.1 Red óptica

El principio en el que se basa una red óptica es la transmisión de información mediante haces de luz a una determinada frecuencia, longitud de onda y un ángulo de incidencia específico a través de un medio; lo que se expresa en la fórmula:

$$v = \lambda * f \quad (1)$$

Donde:

- V= Velocidad de propagación en el medio
- λ = Longitud de onda
- f= Frecuencia

El espectro de luz visible que se muestra en la figura 1-2, para el hombre muestra un color diferente para cada longitud de onda, es decir que se pueden transmitir por un mismo medio varias señales a diferentes frecuencias inclusive simultáneamente y los dispositivos y medios ópticos son los responsables de emitir, recibir y propagar dichas señales.

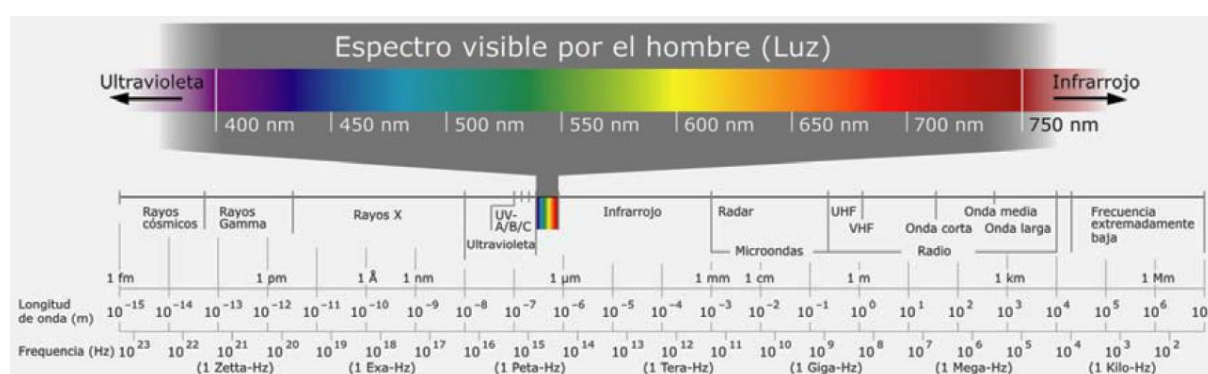


Figura 1-2. Espectro de luz

Fuente: Contreras, R. sf

2.2.1.1 Fibra Óptica

La comunicación mediante el uso de la luz a través de un medio guiado concretamente mediante fibras ópticas se remonta a mediados del siglo XX antes de ello existieron ideas, pero no se concretaron.

La fibra presenta características que le han permitido superar al tan difundido cable de cobre y coaxial debido a que consigue transmitir a largas distancias con bajas tasas de atenuación, gran ancho de banda y baja inmunidad a interferencias. Está constituida por un núcleo y un recubrimiento con índices de refracción diferentes lo que permite según la ley de Snell el rebote de la luz hacia el núcleo de la fibra y a lo largo de ella como en la figura 2-2. Los ángulos de incidencia al ingreso de los haces de luz a la fibra y los ángulos de rebote consiguen que la velocidad de luz sea menor respecto a la propagación en el vacío (Mukherjee, 2006).

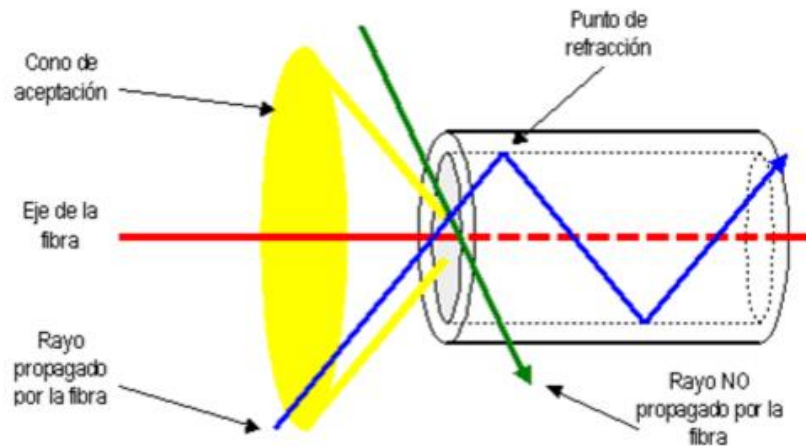


Figura 2-2. Fenómeno de reflexión en la fibra

Fuente: Wordpress. s.f.

Los dispositivos encargados de generar la luz a diferentes frecuencias a un determinado grado de dispersión son los Láseres y LED's lo que permite distintos modos de luz a la entrada del medio de transmisión óptico, la cantidad de modos que se propaguen en la fibra depende de las dimensiones del núcleo, la diferencia de los índices de refracción y la frecuencia a la que se transmite.

Las fibras ópticas más utilizadas son la fibra óptica plástica (POF), de índice gradual y monomodo.

Las fibras monomodo se construyen con diámetros pequeños del núcleo en relación a la longitud de onda que se desea transmitir consiguiendo la propagación de un solo modo de luz en la frecuencia seleccionada. Para distancias cortas este tipo de fibra es construida con núcleos de polímero de plásticos para flexibilidad y bajos costos.

En las fibras multimodo se propagan múltiples modos y se consigue con dimensiones de núcleo grandes en relación a la longitud de onda transmitida, cada modo tiene una dirección y tiempos de recorrido diferentes lo que da lugar a la dispersión modal y la interferencia intersímbolo.

Como se mencionó el índice de refracción del núcleo es menor a la del recubrimiento, cuando esta relación es constante en toda la fibra se denomina fibra multimodo de salto abrupto de índice, mientras que si la relación entre ambos va decreciendo progresivamente aparecen las denominadas fibras de índice gradual ver figura 3-2, es decir el tipo de fibra se relaciona con el tamaño que posee el núcleo y en base a ello se determina la longitud de onda a transmitir. (FOA, 2014).

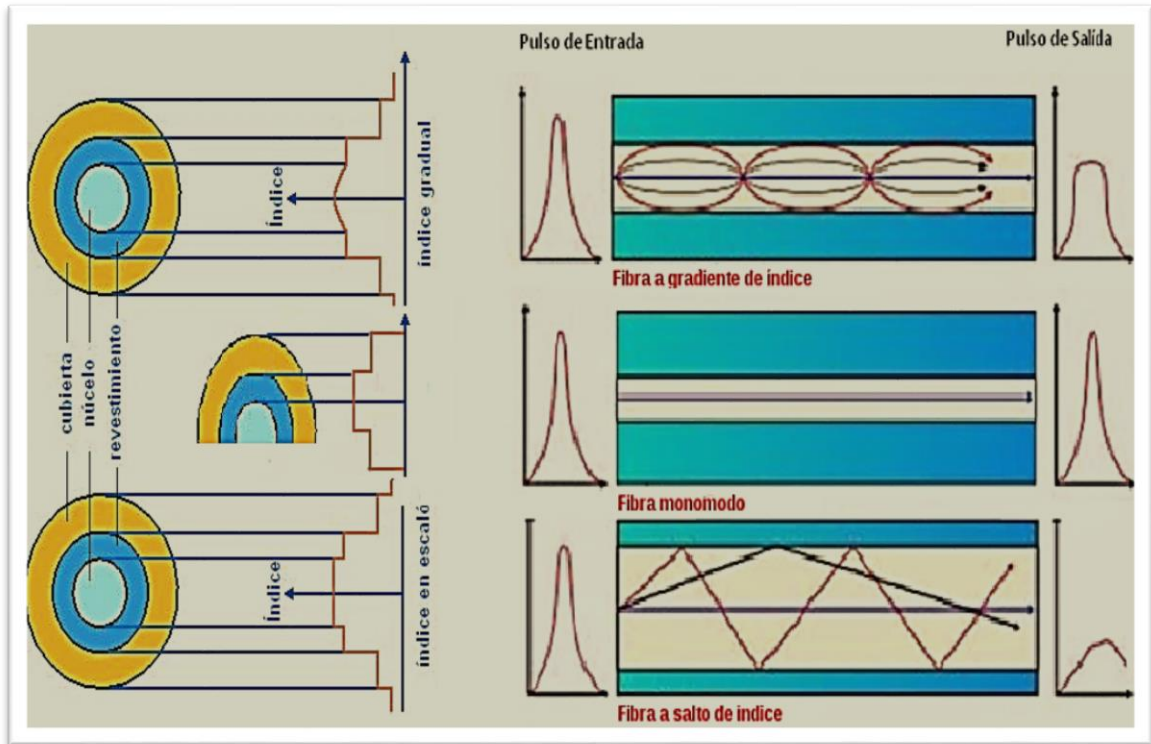


Figura 3-2. Reflexión de la luz en el interior de la fibra

Fuente: Wikipedia. s.f.

En una comunicación digital la señal se emite mediante pulsos de luz generados en base a la codificación que se use, de forma habitual se usan constelaciones con modulaciones de tipo ASK (Amplitude-shift keying) con generación de símbolos de pulso estrecho NRZ (Non-Return_Zero) (Mukherjee, 2006).

Como todo medio de transmisión debido a sus características físicas existen obstáculos que interfieren en la transmisión.

- Atenuación

A pesar de que es muy baja en relación al par trenzado y al cable coaxial esta se presenta debido a las características físicas del material con el cual está construida afectando directamente en la transmisión de forma admisible después de varias decenas de kilómetros, se seleccionan rangos de longitud de onda (ventanas) aptos, en base al efecto que tiene la atenuación a una determinada frecuencia ya que no en todas actúa de la misma forma, para ello se usa la denominada curva de atenuación como se ve en la figura 4-2.

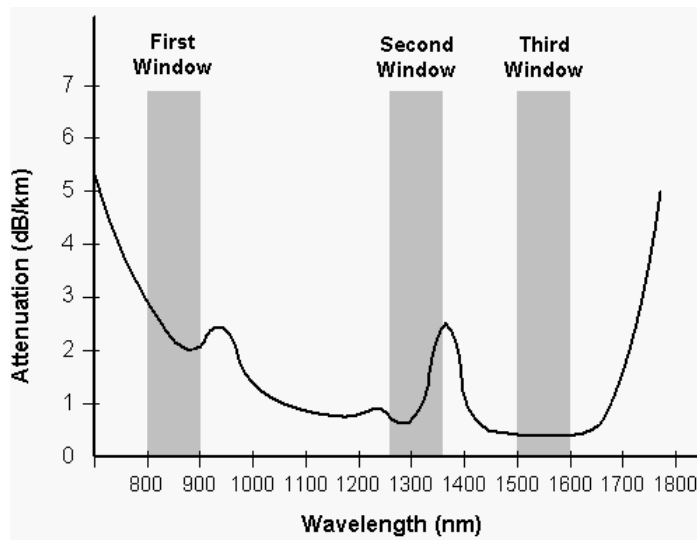


Figura 4-2. Curva de atenuación de la fibra óptica

Fuente: Networkworld Consulting. s.f.

- **Dispersión**

Se da cuando las componentes de la señal transmitida viajan por caminos distintos por el medio provocando un retardo de propagación distinta extremo a extremo, efecto que se acumula a lo largo de la fibra, el resultado que se obtiene en la recepción es una señal ensanchada en relación a la transmitida, creando interferencias con las señales adyacentes, desembocando en la denominada interferencia intersímbolo (ISI - Inter Symbolic Interference) (Seoane, 2012).

- **Dispersión Modal**

En fibras multimodo debido a las dimensiones de la fibra se pueden transmitir varios modos a una determinada longitud de onda, cada modo sigue un camino distinto dentro del núcleo debido a los ángulos de refracción por ende cada uno llegara al otro extremo con un retardo diferente. En las fibras de salto de índice las diferencias en los retardos de cada modo serán mayores que en las de índice gradual esto debido a que en las segundas existe permite ecualizar la dispersión modal, aumentando el factor ancho de banda-distancia, pero con costes de producción más altos (Seoane, 2012).

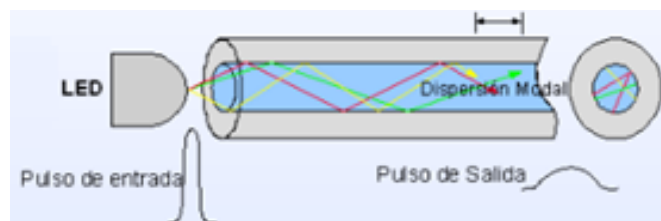


Figura 5-2. Efecto de la dispersión modal

Fuente: Monografias.com. s.f.

- **Dispersión por guía de ondas**

Se origina por las características de guiado de la fibra a las diferentes longitudes de onda que en ella se transmiten, en función de varios factores como los índices de transmisión, forma de la fibra, núcleo y revestimiento, como la reflexión no es completa parte de la energía transmitida se propaga también por el recubrimiento del núcleo con lo que varias partes de la señal viajarán en medios y velocidades diferentes.

- **Dispersión Cromática**

Esta dispersión se relaciona el índice de refracción de los materiales y la longitud de onda de la señal transmitida, como el pulso de luz no es infinitamente estrecho, el índice que sufre no es constante y esto ocasiona que el pulso en la recepción se ensanche. La dispersión cromática relaciona el tiempo de ensanchamiento del pulso, en función de la longitud de onda central en nm y de la longitud de la fibra en Km (Seoane, 2012).

- **Dispersión por modos de polarización**

Esta dispersión surge debido a que núcleo de la fibra no es perfectamente circular por las imperfecciones de fabricación lo que provoca que diferentes polarizaciones de la señal tengan diferentes velocidades de propagación. Este tipo de dispersión es particularmente dañina a velocidades superiores a 10Gbps.

- **Interferencia Cruzada**

Esta interferencia es provocada por señales que transitan en una misma fibra con diferentes longitudes de onda, en fibras adyacentes por las imperfecciones en sus materiales de fabricación o por elementos usados en la interconexión y conmutación provocando que la relación señal-ruido (SNR) disminuya perjudicando la calidad de la señal que se recibe y aumentando la probabilidad del BER (error en bit) en el destino, la forma de manejar uno de estos tipos de interferencia es mediante el uso filtros de banda.

- **Ruido**

Se refiere a fuentes de ruido térmico generado por transmisores de luz, amplificadores, fotodiodos debido a sus componentes electrónicos.

Una vez revisados los factores que afectan a la transmisión en una fibra óptica se revisan los parámetros de trabajo de las diferentes ventanas, la primera ventana se usa para distancias más cortas debido a la mayor atenuación correspondiente a fibras de menos calidad o las que poseen núcleos de plástico pueden llegar a orden de 100dB/Km que llega hasta frecuencias próximas al infrarrojo cercano (800nm) y a espectros visibles (fuentes de luz roja de 650nm e incluso azules

a 460nm), lo que permite el uso de láseres más baratos y de dispositivos LED, a pesar de que a estas longitudes de onda, la dispersión modal es muy grande, en las fibras ópticas tradicionales son ventanas de 200nm con una atenuación por debajo de los 0.5dB/Km centrada en 1300nm con un ancho de banda total de 25 THz en esta zona de funcionamiento (2a ventana), la tercera ventana es usada para aplicaciones más avanzadas con láseres de mayor longitud de onda, aquí se presentan atenuaciones mucho más bajas (0.2 dB/Km) (Seoane, 2012).

2.2.1.2 Transmisores y receptores ópticos

Las etapas de generación y recepción de señal óptica están asociadas con una serie de componentes electrónicos los cuales realizan el filtrado, modulación y demodulación de la señal pero los mismos por sus características propias generan ruido influyendo negativamente en la velocidad del sistema. Para la transmisión se usan fundamentalmente láseres y LEDs, mientras que en la parte de la recepción se trabaja con fotodetectores de avalancha, acompañado de filtros y circuitos electrónicos.

- LEDs (Light Emitting Diode)

Son diodos fotoemisores tipo LED de banda ancha barata y que ha resultado eficiente por lo cual su uso es común en comunicaciones pero para enlaces a corta distancia y baja capacidad ya que no ofrece las mismas ventajas a gran distancia. Sin embargo, debido a su bajo coste de fabricación y su eficiencia en cuanto a emisión de luz, se siguen realizando investigaciones para la búsqueda de nuevos tipos de LEDs (Seoane, 2012). En la figura 6-2 se muestran las longitudes de onda habituales de un LED.

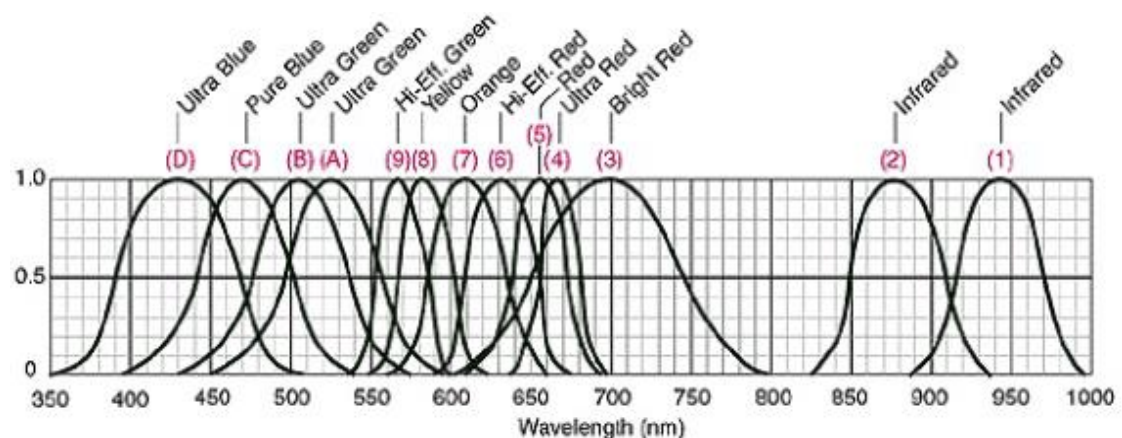


Figura 6-2. Anchos de banda fuentes de luz tipo LED

Fuente: Slideplayer. s.f.

- Láseres

El término láser quiere decir amplificación de luz mediante la radiación por emisión estimulada, esta emisión permite generar haces de luz estrechos, direccionales de alta potencia y con una o varias frecuencias concretas, generalmente en una sola longitud de onda, aunque el dispositivo tiene la posibilidad de emitir en más de una frecuencia y con una curva de intensidad espectral mucho más estrecha que la de un diodo LED alrededor de dicha frecuencia Figura 7-2 ¹ (Seoane, 2012). Actualmente los emisores de tipo láser pueden operar en todo el rango de frecuencias ópticas aptas para las fibras ópticas existentes en el mercado.

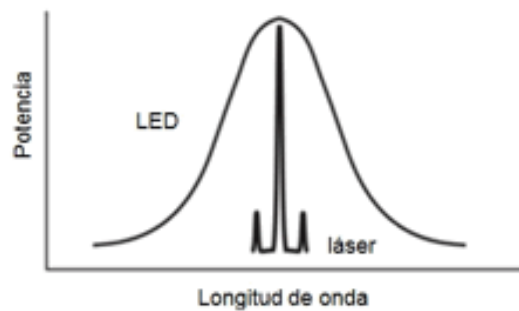


Figura 7-2. Espectro de láser y del diodo led

Fuente: The Fiber Optic Association. s.f.

Las frecuencias de trabajo permiten que se logre aplicar diferentes tecnologías de transmisión para ello se requiere de una matriz de láseres y cada uno de ellos con una longitud de onda fija diferentes o a su vez un solo dispositivo láser que permita la sintonización a diferentes longitudes de onda. Cuando se trabaja con transmisores y receptores sintonizables, es indispensable que los transmisores ópticos cumplan con la sintonización en una o varias longitudes de onda, de la forma más fina posible y a gran velocidad.

- Filtros ópticos y fotodetectores

Para obtener el espectro del canal deseado o una sola longitud de onda a partir de todas las que se encuentran transmitiendo se utiliza los filtros ópticos, la señal que se obtiene a partir de dicho filtro es convertida de óptica a electrónica mediante un fotodetector. Los filtros y los fotodetectores pueden ser sintonizables dinámicamente utilizando frecuencias continuas o discretas mediante una matriz de receptores sintonizados a varias frecuencias fijas, las características más importantes, al igual que en los transmisores, son su rango de sintonización y la velocidad de selección de la frecuencia sintonizada (Seoane, 2012).

¹ <http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>

2.2.1.3 Sistemas de transmisión y conmutación ópticos

Dentro de los procesos de transmisión y conmutación ópticas existen diversos componentes fundamentales que se requieren para que las señales ópticas lleguen a los diferentes nodos de la red. Los bloques básicos más relevantes y más utilizados en las topologías ópticas habituales, basados en las funcionalidades se describen en la siguiente sección (Mukherjee, 2006). Los bloques presentes en una red óptica pasiva son:

- Mezcladores (combiners) ópticos $N \times 1$.- Es un bloque de conmutación que permite combinar N entradas que constituyen todas las longitudes de onda para mezclarlas en una sola salida. Para evitar interferencias los canales que se van a combinar deben ser distintos o deben pertenecer en diferentes longitudes de onda.

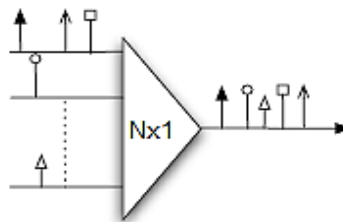


Figura 8-2. Mezclador óptico

Fuente: Seoane, I. 2012

- Divisores (splitters) ópticos $1 \times S$.- Son los elementos que permiten dividir la señal de su entrada entre los S puertos de salida, es decir por cada puerto se envían $1/S$ de señal debido a que se divide la potencia de entrada.

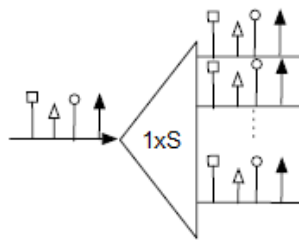


Figura 9-2. Divisor óptico

Fuente: Seoane, I. 2012

- Acopladores (Couplers).- Están constituidos o se lo puede definir como un mezclador seguido de un divisor.

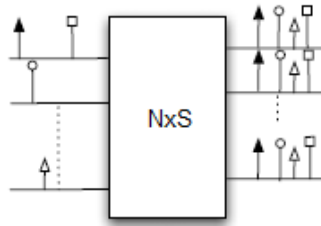


Figura 10-2. Acoplador óptico

Fuente: Seoane, I. 2012

- Multiplexores o mezcladores.- Estos elementos se encargan de tomar una longitud de onda cuyo origen tiene en un puerto de entrada y la mezclan con otra longitud de onda que se la escogió del resto de puertos posterior la transmite a la salida, se diferencia de los mezcladores debido a que estos últimos seleccionan en los puertos de entrada únicamente una banda concreta, es decir no se retransmite la señal completa que llega a la puerta de entrada.

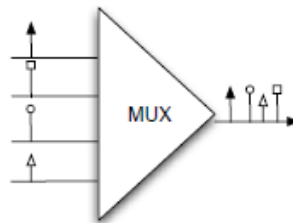


Figura 11-2. Multiplexor óptico

Fuente: Seoane, I. 2012

- Demultiplexores (o divisores de banda).- Es la operación contraria a la del bloque anterior, permite separar la longitud de onda que se desea transmitir por cada uno de sus puertos.

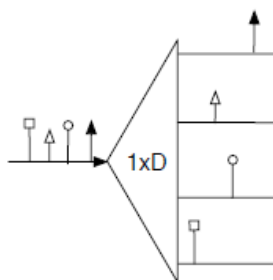


Figura 12-2. Demultiplexor óptico

Fuente: Seoane, I. 2012

Para que varias fuentes de tráfico puedan compartir los mismos recursos para llevar los datos al receptor se utiliza la multiplexación, en el caso de las comunicaciones ópticas las formas en la que se organiza el medio compartido son:

Multiplexación por división en tiempo (TDM - Time Division Multiplexing)

Multiplexación por división en espacio (SDM - Space Division Multiplexing)

Multiplexación por división en frecuencia (WDM - Wavelength Division Multiplexing).

- TDM - Time Division Multiplexing

La multiplexación por división en el tiempo asigna ranuras de tiempo a las diferentes fuentes de tráfico en instantes concretos para comenzar a transmitir y hacer uso del medio compartido evitando de esta forma la colisión de los datos. La sencillez y la experiencia de su uso permiten aplicar en diferentes tipos de redes.

TDM es una técnica muy usada en redes de acceso ópticas pasivas (PON - Passive Optical Network) pero a pesar de las ventajas que presenta, algunas de sus características intrínsecas se han convertido en inconvenientes para el uso en redes de muy alta velocidad, ya que los nodos de conmutación funcionan a la velocidad de generación de datos las fuentes y no a la velocidad del reloj que permite la sincronización de todas las fuentes de tráfico siendo la primera velocidad mucho menor que la de transmisión óptica, condicionando la máxima velocidad de funcionamiento del sistema ya que se limita por la máxima velocidad de la electrónica disponible para la fabricación de estos equipos por ende es el principal inconveniente para que las redes TDM no puedan usar de forma eficiente el enorme ancho de banda disponible en una transmisión óptica.

- SDM - Space Division Multiplexing

La multiplexación por división espacial consiste en incorporar N núcleos dentro de la fibra óptica en lugar de uno solo, e incrementar linealmente con esto la capacidad del canal en un factor de N. Para evitar el cuello de botella debido a las conversiones OEO (ópticas-eléctricas-ópticas) se usa el multiplexado por división espacial, este método consiste en la ubicación de muchas fibras en paralelo en lugar de una sola fibra para el enlace y cada fibra puede operar como un enlace independiente, permitiendo una red más flexible en ancho de banda y longitudes de onda que se vayan utilizar. Esta técnica es usada para enlaces de corto alcance con un número relativamente bajo de usuarios porque no favorece a la escalabilidad.

- WDM - Wavelength Division Multiplexing

Es una técnica permite dotar a la red de mayor flexibilidad y utilizar de manera más eficiente el ancho de banda disponible en la fibra óptica con el propósito de solventar las deficiencias que se tienen en TDM y SDM. Mediante WDM se trabaja con longitudes de onda distintas para el tráfico de cada cliente, es decir de forma similar como las redes multiplexadas con FDM (Frequency Division Multiplexing), en el origen un multiplexor se encarga de recoger la señal de cada portadora e inyectarla en la fibra óptica, por lo que es necesario un demultiplexor en el destino el

cual separará cada una de las longitudes de onda de los clientes para que sea enviado al receptor correspondiente; así se consigue que cada longitud de onda pueda transportar un cierto número de canales que no se solapan con los de otras longitudes de onda (Seoane, 2012).

La diferencia con TDM es que cada longitud de onda puede transmitir a diferente velocidad, WDM explota todo el potencial del ancho de banda sin la necesidad de instalar otras fibras en paralelo para realizar la conmutación como es el caso SDM, disminuyendo los costos de despliegue. Las redes WDM utilizan componentes básicos sencillos de construir e implementar como multiplexores, demultiplexores para el despliegue.

El despliegue de las redes WDM se lo está llevando a cabo en redes troncales que evolucionan hacia IP sobre redes WDM haciendo que los clientes finales dispongan de una red troncal transparente para sus protocolos y topologías de niveles superiores, y con mejores prestaciones en cuanto a capacidad y tiempos de respuesta; esto es posible gracias a bloques ópticos más avanzados que permiten la reconfigurabilidad de la red y la conversión de longitudes de onda y su encaminamiento de forma totalmente óptica (Mukherjee, 2006).

Generalmente se consideran TDM y WDM para el despliegue de la red por la madurez de la tecnología que precisan y por su coste, simplicidad y escalabilidad (Skubic, Chen, & Ahmed).

2.2.1.4 Elementos de Interconexión

Corresponde a los elementos que permite que se puede integrar todas las partes que conforman la red y que se encuentran ubicados en la parte de acceso, distribución o en el backbone.

a) **Conectores.-** Son dispositivos mecánicos que se montan en los extremos del cable de fibra, fuente de luz, o un transmisor, su función es permitir la conexión a dispositivos similares. Los conectores recolectan y dirigen la luz, son fácilmente acoplados y desacoplados de los dispositivos a los que se conectan, existe una variedad de conectores pero la elección dependerá de la aplicación y el dispositivo que se maneje, se muestra en la figura 13-2.



Figura 13-2. Conectores de fibra

Fuente: WordPress.com. sf

b) **Patch Cords.-** Son cables de fibra de longitud corta generalmente entre 1 y 30 metros su uso es para ambiente interior y viene con conectores adaptados a sus extremos, pueden ser de tipo simplex o dúplex, es decir de una o dos fibras correspondientemente, en algunos casos se presenta arreglos multifibra. Se usan para interconexión de equipos.



Figura 14-2. Patch cord de fibra

Fuente: Sumtelecom.group. s.f.

c) **Pigtail.-** Este elemento es un cable de fibra en cuyo extremo tiene un conector hembra o macho para la conexión con el equipo central mientras que el otro extremo es empalmado con la fibra que llega de la red externa.



Figura 15-2. Pigtail

Fuente: Shopdelta.eu. s.f.

d) **Empalmes.-** Corresponde a la unión de cables, generalmente se da n planta externa en donde debido a la distancia que se debe cubrir no es suficiente un solo cable, existen diferentes tipos de empalmes, entre los que están:

- **Por fusión.-** Comprende a la unión de cables mediante un equipo denominado fusionadora, el cual mediante permite realizar el acople con características adecuadas para la transmisión como una atenuación baja, es el mecanismo más usado para empalmes, las pérdidas van de 0.03 a 0.05 dB.
- **Mecánicos.-** Usado para adecuaciones temporarias y empalmes de fibras multimodo. Consiste en un elemento que alinea las dos fibras y las une mediante presión es decir no se

requiere un equipo para realizar este trabajo, pero son menos seguras que los empalmes por fusión, las pérdidas van de 0.2 a 1 dB.

- **Por adhesión.**- En este mecanismo se alinean las fibras y se produce la adhesión mediante adhesivo epóxi, las pérdidas de inserción son de 0.1 a 0.5 dB (Jímenez, 2014).

- e) **Mangas de conexión.**- Son elementos que dotan de protección y soporte a los empalmes y splitters de la condiciones ambientales.

- f) **Herrajes.**- Son elementos de acero galvanizado son los encargados de brindar soporte y sujetar el cable aéreo a los postes de forma similar en redes canalizadas.

2.2.1.5 Técnicas de transmisión

- Conmutación óptica de circuitos (OCS)

Esta técnica configura circuitos cerrados extremo a extremo entre los nodos de la red reservando una fibra, canal o longitud de onda para cada par de nodos, y una vez el camino está configurado, los datos permanecen en el dominio óptico hasta su destino, sin necesidad de realizar conversiones OEO intermedias, este sistema resulta eficiente siempre y cuando se haya grandes volúmenes de tráfico entre los nodos que poseen el enlace dedicado, si el tiempo que se tarda en la transmisión de datos es corto en relación con el tiempo que se tarda en el establecimiento de la conexión, se desaprovecha el ancho de banda, ya que hay un número de longitudes de onda limitado, al usar OCS se genera problemas de flexibilidad y escalabilidad, imposibilitando la generación de una malla de caminos ópticos estáticos entre todos los nodos, con OCS se puede proporcionar un alto nivel de calidad de servicio garantizado, asumiendo la latencia que suponga el establecimiento del circuito, las operadoras actuales ofrecen circuitos dedicados a través de fibra óptica de diferentes anchos de banda durante el tiempo que el cliente contrate el servicio (Seoane, 2012).

- Conmutación óptica de paquetes (OPS)

Al trabajar en las redes WDM existe un problema a solventar como es la limitación en cuanto al número de longitudes de onda, los paquetes enviados por los clientes se conmutan de forma independiente se aprovecha de manera más eficiente el ancho de banda en comparación a la conmutación de circuitos, en este caso, el tráfico de usuario se transporta junto con la información de control, los nodos intermedios son los encargados de procesarla y realizar el encaminamiento hacia el destino. El dimensionamiento se realiza con un ancho de banda inferior ya que es poco probable que todos los enlaces que se encuentran en la fibra se encuentren transmitiendo al mismo tiempo lo que permite un aprovechamiento eficiente del ancho de banda.

2.2.1.6 *Tendido de Fibra Óptica*

En este punto se analiza la forma en la que se desplegará el medio de transmisión en este caso la fibra óptica, para lo cual se cuenta con tres opciones:

- **Tendido aéreo**

Para el despliegue de redes de este tipo, se utiliza los postes eléctricos pertenecientes a la empresa eléctrica, la cual:

- Por el uso de postes se debe pagar un rubro de arrendamiento.
- La red al estar expuesta corre el riesgo de sufrir daños por eventos externos.
- En los municipios existen ordenanzas donde se prohíbe el despliegue de redes de este tipo en ciertos sectores debido a la contaminación visual.
- La ventaja de esta opción es que el mantenimiento y la instalación resultan más convenientes.

- **Tendido subterráneo**

En este tipo de despliegue se pasa el medio de transmisión por ductos los cuales pueden ser de propiedad privada y de igual manera que los postes se debería pagar un rubro por alquiler.

La forma más adecuada para el paso de fibra sería el tendido subterráneo pero en el sitio de estudio no existe una empresa que alquile ductos, el costo de construcción por metro de ducto es alto por los equipos, materiales, mano de obra, permisos entre otros que se requieren para la obra, además de las molestias que causaría a la población hasta que se concluya la construcción. Es decir los costos son muy altos en este tipo de tendido en relación a la población con la cual se va iniciar.

- **Microzanjado**

Esta es una técnica que permite el tendido de cables de forma subterránea a una profundidad reducida, se encuentra detallada en la UIT-T L.49. Entre las ventajas que se resalta en relación a las demás es la rapidez de ejecución y el costo reducido que implica, el trámite para de permisos de ejecución es mucho más sencillo ya que no afecta al entorno con graves interrupciones.

Las especificaciones de ancho y profundidad del microzanjado se encuentran en el estándar ya que estos parámetros son de vital importancia por la presión vehicular y la temperatura que se genera en el asfalto y que puede corroer el medio de transmisión.

Tabla 1-2. Comparativo del tendido de cable

CARACTERÍSTICAS	TENDIDO DE CABLE		
	AÉREO	SUBTERRÁNEO	MICROZANJADO
Costo de instalación	Muy bajo	Muy alto	Bajo
Tiempo de instalación	Bajo	Muy alto	Bajo
Seguridad del medio guiado	Muy bajo	Muy alto	Alto
Escalabilidad de la red	Muy bajo	Muy alto	Bajo
Impacto social	Bajo	Muy alto	Muy Bajo

Fuente: Cevallos & Coronel, 2014

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Del comparativo de los tres tipos de tendido de cable expuesto en la tabla 1-2 se puede visualizar que el tendido aéreo es el más económico pero no presenta seguridad al medio, el tendido subterráneo ofrece la seguridad adecuada pero el costo de instalación es muy alto al igual que el impacto social mientras que la técnica del microzanjado ofrece seguridad al medio a un precio económico, es decir es una técnica intermedia a las dos mencionadas anteriormente.

2.2.1.7 Protección frente a fallos en redes ópticas

- Protección y restauración

Conocidos los recursos disponibles y la existencia de caminos alternativos a los enlaces más susceptibles a fallos, proporciona la posibilidad de establecer líneas de protección que actúan como alternativa cuando se produce el fallo. Los esquemas que permiten gestionar la respuesta ante fallos de la red óptica son la protección o la restauración.

Existen mecanismos de protección cuando se hayan establecen mecanismos alternativos (rutas, longitudes de onda, etc.) están calculados y preestablecidos con antelación antes de que se haya producido un fallo, se lo denomina mecanismo esquema de protección. En caso contrario, cuando un error ocurre, y se requiere descubrir en primer lugar la nueva ruta o longitud de onda alternativas, se refiere a mecanismos de restauración.

La recuperación de un fallo usando mecanismos de protección se lleva a cabo mediante la conmutación de los recursos reservados para el camino que ha fallado a un nuevo camino alternativo evitando el punto de fallo en la red, en cambio, la recuperación mediante restauración hace uso de algoritmos de descubrimiento de nuevos recursos y de encaminamiento a través de ellos (Seoane, 2012). Es así que se considera que los esquemas de protección son la técnica proactiva de recuperación ante un fallo mientras que los esquemas de restauración conforman técnicas reactivas ante los errores.

En general, los mecanismos de restauración consumen más tiempo para restablecer la conexión, los algoritmos implementados deben descubrir y reservar los recursos alternativos. Pero los

mecanismos de protección, a pesar de ser en esencia más rápidos, suponen la dedicación de recursos reservados sólo para casos de fallo, lo cual resta eficiencia al aprovechamiento de los mismos. Es decir es necesario llegar a un equilibrio entre la redundancia de recursos y tiempo de recuperación a la hora de seleccionar y diseñar los mecanismos de control para la recuperación de los servicios frente a errores. Ambos esquemas se pueden aplicar a varios niveles de la jerarquía de interfaces de control (Seoane, 2012).

2.2.1.8 Arquitectura de redes ópticas

En base a factores como la cobertura o estimación de carga se requieren diferentes técnicas de conmutación así como topologías y capas en la red óptica. En función de su nivel en esta jerarquía se tiene:

Red de acceso: corresponde a la red más cercana al usuario final, y es la que soporta el tráfico agregado de varios niveles de usuarios en un determinado radio de cobertura que puede ser de decenas de kilómetros.

Red de distribución: comprende la red que interconecta la red de acceso con la red que le pertenece al proveedor, es decir abarca redes metropolitanas que pudiesen coexistir en una zona del tamaño de un gran núcleo urbano (de decenas a cientos de kilómetros), esta red transporta todo el tráfico agregado que los proveedores de servicio ofrecen a los usuarios finales (Seoane, 2012).

Red core o backbone: es el núcleo de la red, interconecta las redes de distribución y los sistemas autónomos a niveles nacionales e incluso internacionales, por lo que su radio puede llegar a ser de miles de kilómetros, se encarga de switchear el tráfico tan rápido como le sea posible y llevando grandes cantidades de tráfico de manera confiable y veloz (Seoane, 2012).

2.2.1.9 Redes Ópticas FTTX

En este tipo de redes la fibra óptica forma total o parcialmente el medio de transmisión como se muestra en la figura 16-2, por décadas se ha desplegado el par de cobre y coaxial pero los requerimientos actuales de ancho de banda requieren de nuevos medios de transmisión con tasas de velocidad de transmisión más altas. La fibra óptica ha ingresado en esta competencia para llegar con los servicios a los abonados ya que su constitución física permite que se pueda transmitir a mayor velocidad debido al ancho de banda que ofrece.

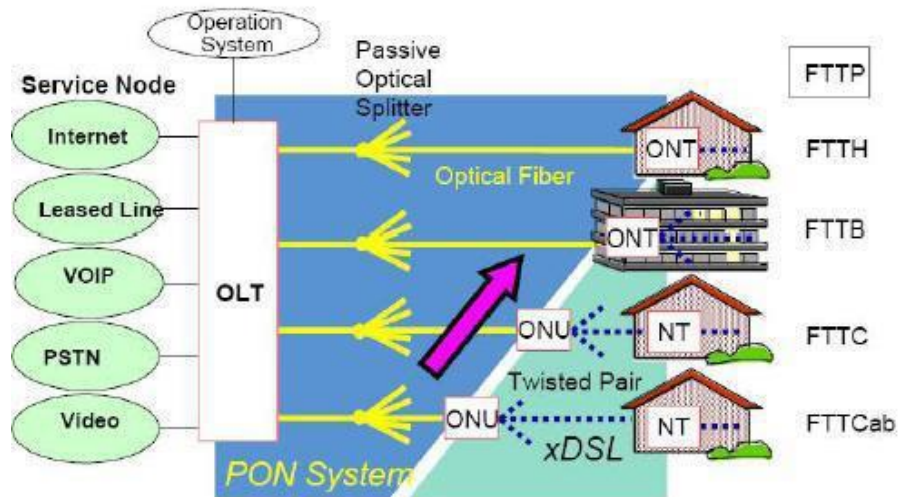


Figura 16-2. Formas de acceso de redes FTTX

Fuente: Seoane, I. 2012

Las redes FTTX suelen reducir costos en despliegue y mantenimiento de la red mediante su desarrollo en base a componentes ópticos pasivos, no cuenta con amplificadores y otros componentes de regeneración de señal, lo que permite que sus costos de implementación no sean tan altos, a estas redes se las conoce como redes ópticas pasivas o PON.

- FTTP - (Fiber-to-the-premises). - Se aplica cuando la red de fibra óptica incluye tanto viviendas como negocios pequeños.
- FTTH - (Fiber-to-the-home).- Comprende la fibra hasta el hogar, es decir la fibra llega hasta el interior de la misma casa u oficina del abonado.
- FTTB - (Fiber-to-the-building).- Fibra hasta la acometida del edificio, normalmente termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados.
- FTTC - (Fiber-to-the-curb). - La fibra llega únicamente hasta el nodo del operador, donde la cabina o armario de telecomunicaciones está más cerca del usuario, normalmente a menos de 300 metros².

Entre las topologías que se utilizan para el despliegue de la red se tiene:

- Conexiones punto a punto.- se da entre un conjunto de OLT y el equipo receptor del cliente (ONT) mediante una fibra dedicada directa entre estos elementos, mediante esta topología el operador puede configurar una calidad de servicio a medida que ya que no haya competición por repartirse el medio de transmisión entre ellos.
- Conexiones en árbol.- formada entre el OLT que pertenece a la operadora y las diversas ONT/ONU equipos a los que posteriormente se conectan los dispositivos de los clientes finales, lo que simplifica el despliegue en el lado del operador, que es compartido en la mayor

parte del trayecto por todos los clientes, las topologías punto-multipunto pueden conseguirse usando elementos de conmutación óptica para difundir todo el tráfico en el enlace descendente a todos los clientes mediante un separador/combinador (splitter/combiner) que separa o replica la información, en el sentido ascendente, este mismo dispositivo ha de agregar el tráfico que proviene de los clientes para entregarlo al OLT, el nodo de difusión puede ser activo (estrella activa) o pasivo (divisor o splitter), es decir que en el primer caso el nodo activo puede amplificar y regenerar la señal y dependiendo de su estructura interna, realizar operaciones de conmutación con el tráfico para los clientes (Seoane, 2012). Además puede convertir la señal óptica a otras tecnologías de transmisión, de forma que a partir de este nodo se pueden tener enlaces de par trenzado o coaxial con acceso DSL (soluciones Fibra-DSL), o enlaces inalámbricos (FWA - Fixed Wireless Access) (Sarkar, Ditix, & Mukherjee, 2007).

2.2.1.10 Redes Ópticas Pasivas (PONS)

Este tipo de redes únicamente se basa en elementos pasivos, los principales que la conforman son:

- a) Olt - Optical Line Terminal, es un equipo activo de la red el cual se encuentra en la red que forma parte del operador, este equipo permite la conexión entre la red de acceso con el siguiente nivel en la jerarquía la cual puede ser una red WAN o una metropolitana, pero es el que permite acceder a los usuarios finales de todos los servicios por medio del internet (Seoane, 2012).
- b) Ont/Onu's.- Optical Network Terminal, se encuentran dispuestos típicamente en grupos de potencias de 2 para facilitar el direccionamiento de tráfico, son los elementos receptores del tráfico descendente proveniente de la OLT, seleccionan el tráfico que les pertenece y envían en sentido ascendente sólo el tráfico que les corresponde como se muestra en la figura 17-2. La conexión del OLT y las unidades ONU'S se llama red distribución óptica (ODN) (Seoane, 2012).
- c) Fibra óptica.- Es el medio de transmisión físico y es común para la mayor parte de la red es decir es el elemento que interconecta a los usuarios con la OLT, se usan diferentes fibras dependiendo del sitio y las características que se requieren en el sector.
- d) Divisor de potencia o splitter.- Elemento encargado de dividir la señal que recibe del OLT en múltiples copias idénticas pero de menor potencia dirigidas a las ONU's, esto en sentido descendente mientras que de forma ascendente recibe la señal en los puertos del divisor y las transmite a la fibra común que llega al OLT.

La figura 18-2 muestra un ejemplo, en el canal descendente, el tráfico enviado es sincronizado y agregado por la OLT de forma que todas las ONU's discriminan mediante etiquetado o señalización los paquetes que corresponden a sus destinatarios, en el canal ascendente compiten por la fibra que es el recurso común y se encuentra a partir del splitter, en el caso de que dos o más ONU's transmitan a la vez, las señales ópticas que llegan al divisor colisionan a la entrada de la fibra troncal y la señal se corrompe sin posibilidad de ser recibida correctamente en el OLT, el problema de colisión no puede ser detectada por las ONUs debido a las características direccionales del divisor de potencia pasivo, es decir que una ONU no puede saber si otra en su misma PON está transmitiendo a la vez ni comunicarse directamente con ella sin pasar por el OLT (Seoane, 2012).

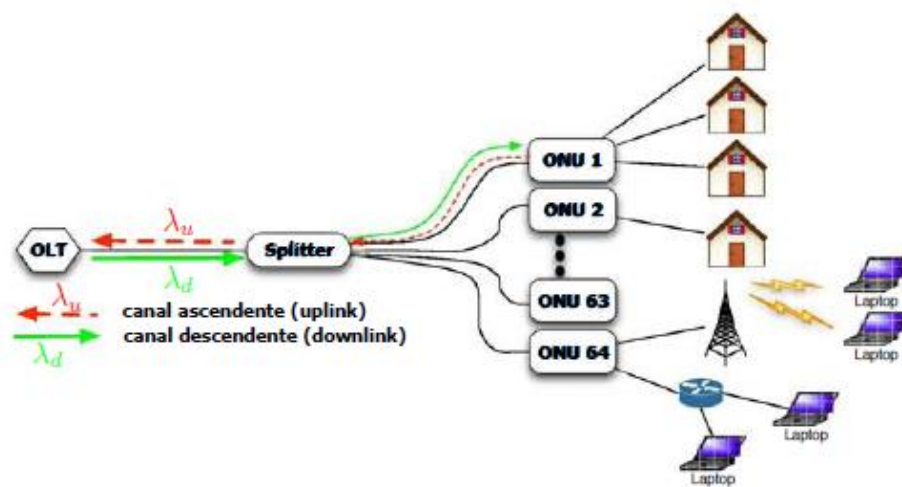


Figura 17-2. Transmisión en redes GPON

Fuente: Seoane, I. 2012

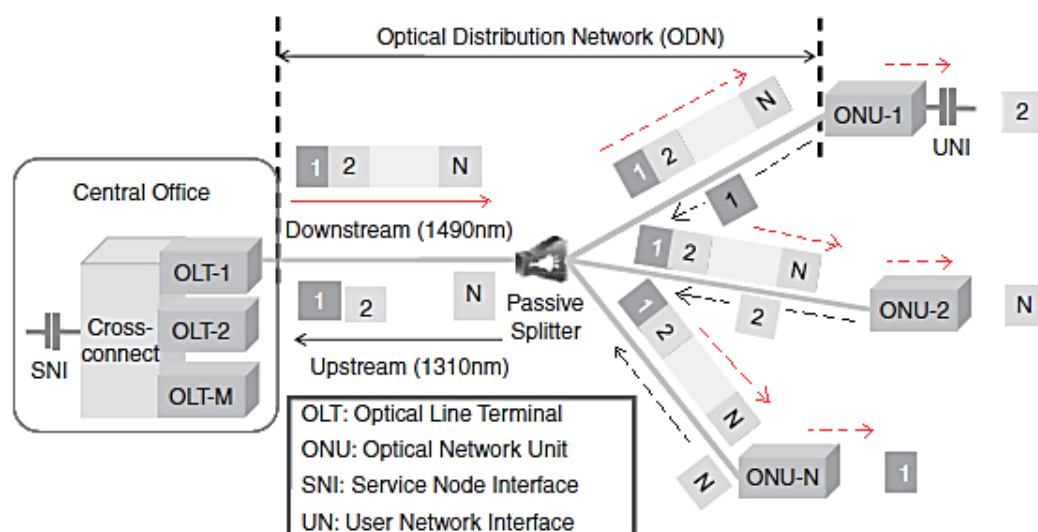


Figura 18-2. Discriminación de paquetes

Fuente: Seoane, I. 2012

Basado en los estándares APON, BPON, EPON, GPON se despliegan actualmente las redes ópticas PON

a) APON (ATM Passive Optical Network)

Se encuentra en el estándar ITU-T G.983 y es el primer tipo desarrollado en PON usa el protocolo ATM como portador con una multiplexación en TDM, esta se adecua a las diferentes redes de acceso.

b) BPON (BroadBand PON)

BPON surge a partir de APON ya que se adecuaron cambios es decir es la versión mejorada con el objetivo de presentar mayores servicios con lo cual se aportó un mayor ancho de banda. Se especifica en el estándar ITU-T 983, de la G.983.1 que es la original de esta tecnología, hasta la G.983.8.

c) EPON (Ethernet PON)

EPON es un estándar que transmite sobre la red Ethernet nativa servicios de datos, voz y video a los clientes, proporcionando una reducción en los costes de despliegue al reaprovechar los dispositivos Ethernet y simplificando la arquitectura global de la red, las tramas Ethernet no pueden fraccionarse en las ONU's o en la OLT pero a cambio proporciona ciclos de transmisión variables, lo que permite adaptarse de forma flexible a los distintos tipos de modelos de tráfico de los servicios que ofrece la EPON, la descripción del estándar EPON ha sido realizada por el IEEE inicialmente en el IEEE802.ah en 2004, en donde se definen los parámetros para operar a 1 Gbps, el incremento de servicios que requieren de mayores velocidades binarias, como pueden ser los servicios de IPTV y el tráfico agregado de las redes de acceso inalámbrico (wireless LAN, como puede ser Wi-Fi, o wireless MAN como WiMax) hacia la red troncal, para ello se requería una revisión al estándar, la cual está dentro del estándar IEEE802.3av para desarrollar redes 10G-EPON que operaría a 10Gbps, teniendo en cuenta la posibilidad de compatibilizar la capa MAC de ambos estándares para facilitar la escalabilidad de las arquitecturas (Seoane, 2012).

d) GPON (Gigabit PON)

Esta red pasiva brinda una velocidad superior a 1 Gbps, usando el mismo medio de transmisión permite el tráfico ascendente y descendente porque utiliza multiplexación WDM (Wavelength Division Multiplexing), permite un alcance máximo de 60 Km y una sola fibra óptica puede dar servicio hasta a 64 usuarios en condiciones normales

GPON es una estándar desarrollado y estandarizado por la ITU-T G.984², cubre desde el transporte de servicios TDM, datos y video usando tanto tramas ATM como Ethernet a velocidades que alcanzan 1.25 Gbps de subida y 2.5 Gbps de bajada, en general, GPON define ciclos de transmisión fijos para las ONU's cada 125 μ s e implementa mecanismos que permitan fragmentar las tramas Ethernet tanto en las ONU's como en el OLT y ser transmitidas en las ranuras de tiempo asignadas por el OLT. Este funcionamiento en ciclos fijos requiere de la sincronización global de toda la PON (Seoane, 2012).

Tabla 2-2. Resumen de las características de las tecnologías PON

CARACTERÍSTICA	BPON	GPON	EPON
Capacidad (Mbps)	Down: 1244, 622, 155 Up: 622, 155	Down: 2488, 1244 Up: 2488, 622, 155	Down: 1250 Up: 1250
Capacidad de escalabilidad en Mbps	Si	Si	No
Simétrico	Si	Si	Si
Asimétrico	Si	Si	No
Eficiencia	83% downstream 80% upstream	93% downstream 94% upstream	61% downstream 73% upstream
Codificación de línea	NRZ (+ scrambling)	NRZ (+ scrambling)	8B / 10B
Seguridad en el canal Downstream	Churning o AES	AES	No definida
Alcance máximo (Km)	20	20	10 a 20
Divisor óptico	1:32	1:64	1:32

Fuente: Recomendación UIT-T G.652 , 2005

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

De lo expuesto en la tabla 2-2 se determina que la tecnología GPON resulta ser la óptima debido a la capacidad, eficiencia, niveles de splitteo y alcance (Km)

Si se toma como referencia un splitteo de 1:64, en downstream se va tener 390.6 Mbps y en upstream 18,75 Mbps para cada uno, valores que cubren la capacidad requerida y con proyección a crecimiento. GPON ofrece flexibilidad en la configuración de tasas de velocidad, en base a la demanda de servicios con modos de transmisión simétrico o asimétrico sin mayor complejidad, mayor eficiencia en transmisión con encriptación en el canal en bajada, que solo la ONT a la cual va dirigido el paquete puede interpretar y con un alcance de hasta 20 Km. Por lo tanto se escoge a la tecnología GPON como la más idónea.

En GPON se cuenta con varias clases y estas se encuentran establecidas en la Recomendación ITU G.984.2 como se muestra en las tabla 3-2.

² <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/recommendation.asp?lang=es&parent=T-REC-G.984.1>

Tabla 3-2. Características de las clases GPON

Clase GPON	Recomendación	Pérdidas mínimas	Pérdidas máximas
Clase A	G.984.2 / G.982	5 dB	20 dB
Clase B	G.984.2 / G.982	10 dB	25 dB
Clase C	G.984.2 / G.982	15 dB	30 dB
Clase B+	G.984.2 enmienda 1	13 dB	28 dB
Clase C+	G.984.2 enmienda 2	17 dB	32 dB

Fuente: Recomendación UIT-T G.652 , 2005

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

B+ presenta una gran variedad de equipos y elementos, además de mejoras como distancia máxima de soporte de 20 Km con 32 usuarios por puerto, hacen que sea la más utilizada del mercado, por lo que se la toma para el desarrollo del proyecto y se analizan los demás parámetros de esta clase en las tablas 4-2, 5-2 y 6-2.

Tabla 4-2. Parámetros de Elementos activos clase B+

Parámetros GPON B+	ONT	OLT
Potencia media inyectada MÍNIMA	0.5 dBm	1.5 dBm
Potencia media inyectada MÁXIMA	5 dBm	5 dBm
Sensibilidad Mínima	-27 dBm	-28 dBm
Sobrecarga Mínima	-8 dBm	-8 dBm
Degradación en sentido descendente	0.5 dBm	0.5 dBm

Fuente: Recomendación UIT-T G.652 , 2005

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Tabla 5-2. Pérdidas en la clase B+

Elemento	Atenuación
Fibra Óptica @ 1310 nm (Km)	-0.4 dB/Km
Fibra Óptica @ 1550 nm (Km)	-0.3 dB/Km
Empalme por fusión	-0.1 dB
Empalme Mecánico	-0.5 dB
Pérdidas de inserción (conector)	-0.3 ~ -0.5 dB

Fuente: Recomendación UIT-T G.652 , 2005

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Tabla 6-2. Margen de guarda

FEC	Margen de guarda
+2 dB	-3 dB

Fuente: Recomendación UIT-T G.652 , 2005

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Para la gestión del ancho de banda en PON utiliza:

MPCP (Multi Point Control Protocol) no define ningún algoritmo particular para realizar la gestión dinámica del ancho de banda (DBA) en la OLT, simplemente define el marco de trabajo para implementar los algoritmos DBA deseados en base a las necesidades que se presenten en la PON.

Para el diseño del algoritmo de asignación dinámica de ancho de banda se toma en base a la estructura de red que puede ser centralizada o distribuida, si es centralizada, la OLT será la encargada de calcular y señalizar los intervalos de transmisión de las ONU's, mientras que en el segundo caso las ONU's realizan los cálculos que señalizan a la OLT mediante sus mensajes de REPORT, otro parámetro importante es el momento de realizar la planificación, esto es que la OLT puede realizar la asignación de intervalo instantáneamente después de recibir el REPORT de una ONU o puede usar un algoritmo para el cual precise conocer información de todas y se lo señala de forma conjunta (Seoane, 2012). Los algoritmos de asignación dinámica de tiempos pueden clasificar en:

Planificación externa entre las ONU's (inter-ONU scheduling), en la que se gestiona de forma dinámica el acceso al canal de subida común entre todas las ONU's.

Planificación interna a las ONU's (intra-ONU scheduling), en la que cada una gestiona primero las asignadas a cada una de sus colas en función de los requisitos QoS de su tráfico entrante y divide el tiempo que tiene asignado de forma proporcional a las prioridades y al tráfico de sus colas internas (Seoane, 2012).

2.2.2 Servicios Triple Play

Se utiliza el término triple play para referirse a la integración de servicios como telefonía, la televisión y datos en una misma infraestructura, es decir que los tres servicios utilizan el mismo medio de transmisión, por lo cual los requerimientos en ancho de banda son altos para que funcione dentro de los parámetros aceptables, esta ventaja se la obtiene de la fibra óptica mediante de la tecnología GPON ya que brinda tasas de transmisión altas.

Es decir se invierte únicamente en una única infraestructura y desde el punto de vista estrictamente del negocio, Triple Play es un modelo que ofrece a las operadoras muchas ventajas, como: la

fidelización de los clientes, la escalabilidad y amortización más rápida de su red y los flujos de caja. Los clientes se verán beneficiados por precios más competitivos, única factura, y mayor sencillez en las gestiones de incidencias (Millán, 2008).

Los servicios que compete triple play son:

- Servicio de Datos.- Se caracteriza por requerir anchos de banda bastante elevados. La pérdida de paquetes le afecta, pero es capaz de recuperarse ante estos efectos, y es totalmente inmune ante retardos o jitter.
- Servicio de Voz.- Se caracteriza por tener un ancho de banda bastante reducido. Si se usa el codec básico G.711, la tasa de bits será de 64 Kbps. El factor que más puede afectar a la calidad del servicio es el retraso y el jitter. Normalmente para el servicio telefónico se recomiendan retardos inferiores a 400 ms.
- Servicio de Vídeo.- En este caso se transmiten grandes volúmenes de datos y, además, suele presentar ciertos requisitos sobre el jitter y los retardos. Tradicionalmente este servicio suele ir acompañado de audio o de voz, con lo que además se necesita cierta sincronización entre el audio y el vídeo.

2.2.2.1 Capacidad Requerida por servicio

En lo que se refiere al servicio de televisión se toma en cuenta el algoritmo de codificación MPEG-4 por la codificación y compresión, por canal en formato estándar, se requiere de 1 a 2 Mbps mientras que en formato de alta definición de 7 a 8 Mbps por canal (Huidrobo, 2007). Para el servicio de telefonía se define una capacidad de 64 Kbps ya que para la digitalización, la señal analógica se muestrea a 8.000 veces por segundo (8 Khz.), el valor de cada muestra puede ser un valor entre 0 y 255 lo que supone un flujo de datos de 8 KB/s o 64 Kb/s, la cual se denomina calidad de sonido telefónico. En el servicio de internet se coloca la capacidad promedio de 3 Mbps. Este análisis se lo hace para un sector residencial como se muestra en la tabla 7-2.

Tabla 7-2. Capacidad de canal sector residencial

SERVICIO		CAPACIDAD REQUERIDA	CAPACIDAD TOTAL
Televisión	SDTV	2 Mbps	10,000 Mbps
	HDTV	8 Mbps	
Telefonía	Digital	64 Kbps	0,064 Mbps
Datos	Internet	3 Mbps	5, 000 Mbps
TOTAL			13,064 Mbps

Fuente: Huidrobo, 2007

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Para el sector corporativo el requerimiento para los servicios de televisión y telefonía es el mismo, mientras que en lo que se refiere a datos este sector tiene mayores exigencias por la actividad comercial que manejan por lo que se proyecta para internet un ancho de banda de 5 Mbps y para

videoconferencias un mínimo de 2 Mbps para una transmisión-recepción en un grupo de tres enlaces como se muestra en la tabla 8-2.

Tabla 8-2. Capacidad de canal sector corporativo

SERVICIO		CAPACIDAD REQUERIDA	CAPACIDAD TOTAL
Televisión	SDTV	2 Mbps	10,000 Mbps
	HDTV	8 Mbps	
Telefonía	Digital	64 Kbps	0,064 Mbps
Datos	Internet	5Mbps	5, 000 Mbps
	Videoconferencia	2 Mbps	2,000 Mbps
TOTAL			17,064 Mbps

Fuente: Huidrobo, 2007

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

2.2.2.2 Parámetros para análisis de rendimiento

a) Razón Señal-Ruido (SNR)

Es una forma de medir el desempeño del enlace obteniendo la relación señal a ruido de éste (SNR) o bien la atenuación que experimenta una señal entre el extremo transmisor y el receptor, obteniendo así importantísimos datos, como la calidad de componentes utilizados en el enlace (equipos de transmisión, recepción, cables, etc.).

b) Tasa de error de Bits (BER)

Según (Marín, 2009) manifiesta que probablemente el BER es el parámetro o característica de mayor importancia de los sistemas de telecomunicaciones que corresponde a la tasa de errores en la transmisión, la cual determina en cierta medida la calidad del enlace de transmisión.

Este parámetro requiere ser el más pequeño posible según la Recomendación ITU-G.984.2 el máximo que establece es 1×10^{-9} para el caso extremo de condiciones de atenuación y dispersión del trayecto óptico, lo que significa que ha llegado 1 bit erróneo de 1000 millones de bits transmitidos.

La tasa de bits errados permite establecer un porcentaje de bits que han tenido errores en comparación a los bits totales en una transmisión de datos a través de un enlace, la medición se hace en un intervalo de tiempo determinado, viene dado por:

$$BER = \frac{N_e}{N_t} [dBm] \quad (2)$$

Donde:

- N_e = Número de errores que ocurren en un tiempo t

- N_t = Número de bits que llegan hasta el receptor en el mismo tiempo t

Es decir que el BER es la probabilidad que un error ocurra en un período de bit dado.

c) Diagrama del ojo

El diagrama de ojo es una forma muy útil y exitosa para medir la calidad de una señal digital y por ende la integridad del sistema que lo transmite como se ilustra en la figura 19-2. Aunque la técnica sea en gran parte cualitativa esto puede proporcionar algunos datos cuantitativos útiles en términos de tendencias y si un sistema funciona según la especificación (Marín, 2009).

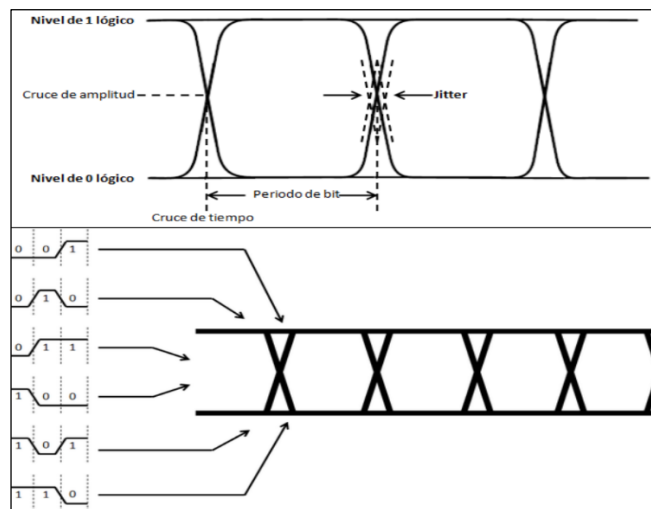


Figura 19-2. Diagrama del ojo

Fuente: Wikimedia.com. s.f

- Factor Q

Corresponde a la relación señal/ruido eléctrica (ESNR) en la entrada de un circuito de decisión del receptor. La relación ESNR muestra todos los deterioros que los defectos ópticos y eléctricos producen en el punto examinado dentro de la red óptica, si no se puede efectuar una verdadera medición de la BER (por ejemplo, debido al tiempo que se necesita para la prueba), se puede utilizar el método del factor Q para obtener una evaluación de la calidad de funcionamiento que se puede esperar cuando la red está en servicio (UIT-T, 2004) y el valor que especifica es de mínimo 6.

El factor Q se define como la relación señal/ruido (eléctrica) en el circuito de decisión de un receptor de señal digital y lo hace mediante la ecuación (Johnstone, 2004):

$$Q_{dB} = SNR + 10 \cdot \log \frac{B_o}{B_c} \text{ [dBm]} \quad (3)$$

Donde:-

- B_0 = Ancho de banda óptico del receptor.
- B_c = Ancho de banda eléctrico del filtro del receptor.
- SNR= relación señal/ruido.

$$Q_{dB} \sim SNR \quad (4)$$

2.2.3 Las Telecomunicaciones en el Ecuador

2.2.3.1 Entidades Públicas de Control de las Telecomunicaciones

El control y acceso a servicios de telecomunicaciones se encuentra regulado por el estado en el Ecuador, plasmado en el artículo 261, numeral 10 de la Carta Magna, en la cual determina que el Estado central tendrá competencias exclusivas sobre “El espectro radioeléctrico y el régimen general de comunicaciones y telecomunicaciones” (Constitución del Ecuador, 2008).

En la Ley Orgánica de Telecomunicaciones - LOT publicada en el Registro Oficial No. 439 del 18 de febrero del 2015, en su artículo 142, crea la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) como entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión así como de otros aspectos en el ámbito de dicha Ley (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015)

a) Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información

El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información es el ente rector de las Telecomunicaciones en el Ecuador, el cual promoverá la sociedad de la información y del conocimiento para el desarrollo integral del país. A tal efecto, dicho órgano se encarga de orientar su actuación a la formulación de políticas, planes, programas y proyectos destinados a garantizar el derecho a la comunicación y acceso a la Información (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015).

b) Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

Es el ente competente para la elaboración, aprobación, modificación y actualización del Plan Nacional de Frecuencias, instrumento dinámico que contiene la atribución de las frecuencias del espectro radioeléctrico, adscrita al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. Es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes en el Ecuador (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015).

2.2.3.2 Prestación de Servicios de Telecomunicaciones

Las redes de telecomunicaciones comprenden los sistemas y demás recursos que permiten la transmisión, emisión y recepción de voz, vídeo, datos o cualquier tipo de señales, mediante medios físicos o inalámbricos, independientemente del contenido o información cursada. En el caso de despliegue y tendido de redes físicas se hará a través de ductos subterráneos y cámaras de acuerdo con la política de ordenamiento y soterramiento de redes que emita el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, en el caso de redes inalámbricas se deben cumplir las políticas y normas de precaución o prevención, así como las de mimetización y reducción de contaminación visual. Los gobiernos autónomos descentralizados, en su normativa local deben dar cumplimiento a las normas técnicas que emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones así como a las políticas que emita el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, favoreciendo el despliegue de las redes (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015).

2.2.3.3 Regulación y Concesiones

En la Constitución de la República, preceptúa en su artículo según el artículo 314 que el Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos, entre otros, el de telecomunicaciones.

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones – LOT, publicada en el Registro Oficial No.439 de 18 de febrero de 2015, en su artículo 144, establece como parte de las competencias de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) la siguiente:

“Emitir las regulaciones, normas técnicas, planes técnicos y demás actos que sean necesarios en el ejercicio de sus competencias, para que la provisión de los servicios de telecomunicaciones cumplan con lo dispuesto en la Constitución de la República y los objetivos y principios previstos en esta Ley, de conformidad con las políticas que dicte el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información”.

la Ley Orgánica de Telecomunicaciones – LOT en su artículo 146 ha otorgado competencias expresas, para el caso del Directorio de ARCOTEL, le faculta entre otros, aprobar las normas generales para el otorgamiento y extinción de los títulos habilitantes, así como aprobar los reglamentos previstos en la LOT y los necesarios para su cumplimiento. Aprobar los reglamentos previstos en esta Ley o los necesarios para su cumplimiento y los reglamentos internos para el funcionamiento de la Agencia.

2.2.3.4 Infraestructura Nacional

- a) Infraestructura de Red Pública

Se considera en este grupo a las redes que dependan de la prestación de un servicio público de telecomunicaciones o sea utilizada para soportar servicios a terceros, ésta será considerada una red pública y será accesible a los prestadores de servicios de telecomunicaciones que la requieran, en base a los términos y condiciones que establece la Ley Orgánica de Telecomunicaciones con la normativa que emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. Este tipo de redes tienden a un diseño de red abierta, quiere decir sin protocolos ni especificaciones de tipo propietario, con la finalidad de permitir la interconexión, acceso y conexión, pueden soportar la prestación de varios servicios, siempre que cuenten con el título habilitante respectivo emitido por la ARCOTEL. Los operadores de redes públicas de telecomunicaciones deben cumplir con los planes técnicos fundamentales, normas técnicas y reglamentos específicos relacionados con la implementación de la red y su operación, a fin de garantizar su interoperabilidad con las otras redes públicas de telecomunicaciones.

b) Redes Privadas

Las redes privadas son aquellas utilizadas por personas naturales o jurídicas en su exclusivo beneficio, con el propósito de conectar distintas instalaciones de su propiedad o bajo su control. Su operación requiere de un registro realizado ante la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y en caso de requerir de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, del título habilitante respectivo. Las redes privadas están destinadas a satisfacer las necesidades propias de su titular, lo que excluye la prestación de estos servicios a terceros. La conexión de redes privadas se sujetará a la normativa que se emita para tal fin por la ARCOTEL.

2.2.3.5 Títulos Habilitantes.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones podrá otorgar los siguientes títulos habilitantes:

1. Concesión: Para servicios tales como telefonía fija y servicio móvil avanzado así como para el uso y explotación del espectro radioeléctrico, por empresas de economía mixta, por la iniciativa privada y la economía popular y solidaria (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015).
2. Autorizaciones: Para el uso y explotación del espectro radioeléctrico, por las empresas públicas e instituciones del Estado. Para la prestación de servicios de audio y vídeo por suscripción, para personas naturales y jurídicas de derecho privado, la autorización se instrumentará a través de un permiso.
3. Registro de servicios: Los servicios para cuya prestación se requiere el Registro, son entre otros los siguientes: servicios portadores, operadores de cable submarino, radioaficionados, valor agregado, de radiocomunicación, redes y actividades de uso privado y reventa.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se detallan los métodos y las técnicas utilizadas en el diseño de la red óptica para el Sector de Pelileo.

3.1 Diseño

Se trabajó con una *Investigación no experimental*, ya que no existe manipulación de las variables independientes es decir no se realizan experimentos porque se busca innovación usando tecnología existente.

El diseño es *transversal* porque se hace el análisis, la incidencia e interrelación en un momento determinado.

3.2 Enfoque

Cualitativo- Cuantitativo porque parte de algo no medible que posteriormente se puede medir, es decir parte de hechos que al final terminan por aportar conclusiones.

3.3 Método de investigación

Método deductivo, se utilizó para la comprensión de conceptos, principios de funcionamiento, uso de tecnologías; necesarios para realizar los diseños de la red de fibra óptica.

El método inductivo, usado al determinar la problemática mediante el estudio de casos, hechos o fenómenos relativos al acceso a la información haciendo el uso de enlaces de internet se llegó a diagnosticar la situación actual y por ende presentar la propuesta formulada en el presente trabajo.

El método analítico, permitió analizar extensivamente las ventajas del uso de la fibra óptica, diseño entre otras que son objeto de estudio de la presente investigación, posibilitando la comprensión, descripción, determinación de causas y efectos de los hechos o fenómenos relativos al objeto de estudio.

Síntesis, posibilitó la reconstrucción de ideas en relación al problema de investigación facilitando la comprensión y establecimiento de la propuesta.

3.4 Alcance Investigativo

Correlacional porque existe relación entre las variables establecidas mismas que se encuentran sujetas a la medición y análisis.

3.5 Técnicas

Comprenden todos los procedimientos y herramientas utilizados para recoger, generar, analizar y presentar información válida, fiable y objetiva. Dentro de las técnicas para desarrollar la presente investigación.

a) Entrevista

Se utilizó esta técnica con profesionales que ejercen en el sector técnico de empresas de telecomunicaciones para determinar la opción más viable y que mejor se acople en la práctica en el sector de estudio. El proceso se realizó mediante un cuestionario previamente elaborado.

b) Observación

Utilizada para recopilar los datos y contrastar con los puntos tipificados en los planos del sector de análisis, requisito necesario para que el diseño se acople a las necesidades y a la proyección de la red.

c) Encuesta

Se la utilizó para recopilar información de la población del sector de estudio para el diseño de la red y la proyección de la misma, mediante la aplicación de un cuestionario.

3.6 Localización

El Cantón Pelileo perteneciente a la provincia de Tungurahua, tiene una población de 56.573 habitantes de la cual el 17.9% corresponde a la parte urbana según (INEC, 2010), es decir 24 614 habitantes, datos que se muestran en la tabla 1-3. Pero para esta investigación se tomó en cuenta el número de viviendas del sector, ya que los servicios son contratados por hogar y no por habitante.

Tabla 1-3. Población del Cantón Pelileo

Provincia	Cantón	Parroquia	Población	Densidad Poblacional
Tungurahua	San Pedro de Pelileo	Pelileo(zona urbana)	24.614	436,19
		Benítez	2.183	439,24
		Bolívar	2.713	227,79
		Cotaló	1.852	39,82
		Chiquicha	2.445	172,43
		El Rosario	2.638	197,01
		García Moreno (Chumaqui)	6.380	407,67
		Guambalo (Huambalo)	7.862	305,32
		Salasaca	5.886	461,29

Fuente: INEC, s.f.

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

La zona urbana se encuentra dividida geográficamente en dos sectores, el primer sector que corresponde a Pelileo Nuevo, se identifica el área céntrica según figura 1-3 y consta de un área de 1.86 Km², mientras que el segundo corresponde a Pelileo Grande según figura 2-3 con un área de 0,14 Km², se hace la delimitación para realizar el análisis de la red.



Figura 1-3. Zona Urbana 1 - Pelileo Nuevo

Realizado por: Sani, J. 2017



Figura 2-3. Zona Urbana 2 – Pelileo Grande

Realizado por: Sani, J. 2017

Puntos de interés

Tabla 2-3. Entidades representativas de Pelileo

Comercios importantes	Disensa
	Pelileo Jean's
	Tia
	Súper Market Ticsa
	Mercado República de Argentina
	Azulejos Pelileo
	Farmacias Cruz Azul
	Farmacias Económicas
	Farmacias Sana Sana
	Sindicato de Choferes
Centros de Salud	Ecoimagen Pelileo
	Hospital Básico Pelileo
	Hospital del día
	Centro Médico Villena
	Centro estético Dental
Bancos y Entidades Financieras	Cooperativa de ahorro y Crédito Cámara de Comercio
	Banco Pichincha
	Banco Guayaquil
	Cooperativa Policía Nacional
	Cooperativa de ahorro y Crédito Kullki Wasi
	Cooperativa de ahorro y Crédito Oscus
	Banco Solidario
Hoteles	Hostal San Pedro
	Hostal Estrella Azul
Restaurantes	Cuyes Asados Los Chapeco
	Hornados Doña Carmita
	Fritadas
	Turismo Eventos
	Los Cuyes
Instituciones Educativas	Unidad Educativa Mariano Benítez
	Unidad Educativa Marianita de Jesús
	Unidad Educativa Cap. Giovanni Calles
	Unidad Educativa Gabriela Mistral
	Unidad Educativa Naciones Unidas
	Particular Pelileo

Instituciones Públicas	Distrito de Educación Pelileo
	Municipio
	Consejo de la Judicatura
	Agencia Nacional de Tránsito
	Empresa Eléctrica
	Bomberos

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

La tabla 2-3 muestra las instituciones públicas y privadas más representativas del sector. Existen empresas que ofertan servicios de telecomunicaciones es decir televisión, internet y voz con infraestructuras individuales por cada uno de ellos, las empresas que tienen mayor acogida son CNT, PuntoNet y DirecTV.

3.7 Estudio de la Demanda

Para realizar el diseño, se toma como punto de partida encuestas en el sector de estudio para determinar la población inicial, los requerimientos que tienen los usuarios tanto en el sector residencial como corporativo a quienes se les puede ofertar los servicios y en base a ello seleccionar la tecnología y elementos para la red.

3.7.1 Población Sector Residencial

Para tener un análisis más preciso se toma en cuenta la densidad poblacional del área de estudio, el cual en el sector urbano tiene una densidad poblacional de 436,19 habitantes/Km² (INEC, 2010) , con el área de 1,94 Km², se obtienen 846 habitantes. Pero en el estudio se requiere el número de viviendas promedio en el área de diseño, por lo tanto conociendo el promedio de habitantes por hogar que es de 3,6³ (INEC, 2010); se concluye que se tiene 236 hogares, los cuales se convierten en nuestra población.

3.7.2 Población Sector Corporativo

El sector urbano de Pelileo se caracteriza por tener gran movimiento comercial ya que posee diferentes entidades financieras, educativas, hoteles, restaurantes pero sobretodo comercios por la actividad textil que caracteriza a esta parte de la provincia. Según el catastro de actividades en esta zona se pueden identificar alrededor de 58 entidades, algunas de ellas mencionadas en la tabla 2-3, y que corresponden a la población corporativa.

³ <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>

3.7.3 *Tamaño de la Muestra*

Debido a que se cuenta con una población extensa se debe tomar una muestra para analizar los requerimientos y posibles usuarios iniciales.

3.7.3.1 *Sector Residencial*

La población finita con la cual se determina el tamaño es de 236 hogares de la muestra aplicando la siguiente fórmula⁴:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (5)$$

Donde:

- **N**: Es el total de la población en este caso los hogares es decir 236 (habitantes /hogar promedio)
- **Z_α**: Indica el grado de confianza (1 – α) que se tendrá de que el valor verdadero del parámetro en la población se encuentre en la muestra calculada, cuanto más confianza se desee, será más elevado el número de sujetos necesarios; se fija en función del interés del investigador (2005). Los valores más comunes son 99% 95% o 90% (Aguilar, 2015). En este caso al tener una población pequeña se trabajará con el valor del 99% lo que equivale a 2.58.
- **d**: Es la precisión, parámetro que equivale al error máximo que influirá en la realidad de los resultados, es decir cuanto más precisión se desee, más estrecho será este intervalo y más sujetos serán estudiados, en este caso se toma el valor de 0,01 que equivale al 99% para que equilibre con el nivel de confianza.
- **p**: Es la probabilidad de éxito, para ello se tomará datos estadísticos y en éste caso de estudio se considerará el porcentaje de hogares con acceso a internet en el sector de estudio, que según (INEC, 2010) es 3,97% correspondiente al 0,0397.
- **q**: Corresponde a la población que no presenta el fenómeno en estudio, en este caso, personas sin acceso a internet es decir 1-p; entonces equivale a 0,9603.
- **n**: Tamaño de la muestra.

$$n = \frac{236 * (2,58)^2 * (0,0397) * (0,9603)}{[(0,01)^2 * (236 - 1)] + [(2,58)^2 * (0,0397) * (0,9603)]}$$

$$n = 216 \text{ encuestas}$$

En el sector residencial se tiene una muestra de 216 encuestas.

⁴ http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_02_BAS02.pdf

3.7.3.2 Sector Corporativo

Para el sector corporativo se cuenta con una población de 58 entidades, al ser una población pequeña se trabaja con el 100%.

3.7.4 Análisis de datos

En este punto se analizó las encuestas aplicadas a la población mediante el Anexo I a la población de Pelileo en base a la muestra calculada.

Los datos que se buscan extraer son:

- Situación actual de los servicios de telecomunicaciones en el sector residencial y corporativo.
- La demanda existente y la proyectada por cada uno de los servicios de telecomunicaciones.
- Posibles clientes iniciales.
- Proyección de la red.

3.7.5 Situación actual

En la tabla 3-3 y 4-3 se exponen los datos de las encuestas en cuanto a los servicios que se contratan dentro de los sectores residencial y corporativo:

- Servicio A: Telefonía (SA)
- Servicio B: Internet (SB)
- Servicio C: TV suscrita (SC)
- Servicio D: Telefonía + Internet (SD)
- Servicio E: Telefonía + TV suscrita (SE)
- Servicio F: Internet + TV suscrita (SF)
- Servicio G: Telefonía + Internet + TV suscrita (SG)

Tabla 3-3. Estado actual de servicios de telecomunicaciones, sector residencial

Características		Servicios								
		Ninguno	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	
Usuarios		40	6	28	14	41	11	21	55	
%		18,52	2,78	12,96	6,48	18,98	5,09	9,72	25,46	
Costo mensual		10-20	5	1						
		20-30	1	19	8					
		30-40			8	4	36	8	8	
		40-50				2	5	3	13	48
		Mayor 50								7
Horarios de acceso / Tipo de acceso		Telefonia	09:00 -12:00				4	6		15
			14:00 -18:00	5			25	3		20
			20:00 -23:00	1			12	2		5
			Transmisión por cobre	6			41	11	0	55
			Transmisión por radioenlace	0			0	0	0	0
		Internet	09:00 -12:00				6		5	12
			14:00 -18:00		8		15		6	20
			20:00 -23:00		20		20		11	23
			Transmisión por cobre				39		18	48
			Transmisión por radioenlace		28		2		3	7
		Televisión	09:00 -12:00						6	20
			14:00 -18:00			5		7	4	12
			20:00 -23:00			9		4	11	23
			Antena			14		11	21	55
		Estado de los contratos de servicios de telecomunicaciones		Un proveedor	6	28	14	30	3	5
Diferentes proveedores	0			0	0	11	8	16	32	
Percepción del servicio		Satisfecho	3	13	9	18	7	10	25	
		Insatisfecho	3	15	5	23	4	11	30	
Acogida de la propuesta de los servicios triple play		No	2	9	4	11	3	10	17	
		Si	4	19	10	30	8	11	38	

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Tabla 4-3. Estado actual de servicios de telecomunicaciones, sector corporativo.

Características		Servicios								
		Ninguno	SA	SB	SD	SE	SF	SG		
Usuarios			5	7	18	4	8	16		
%			8,62	12,07	31,03	6,90	13,79	27,59		
Costo mensual		20-30	3							
		30-50	2	6	10	4				
		50-70		1	11	1	8	6		
		Mayor 70						10		
Horarios de acceso		Telefonia		09:00 -12:00	4		8	2		2
				14:00 -18:00	1		5	1		8
				20:00 -23:00			3	1		6
				Transmisión por cobre	5		16	4		13
				Transmisión por fibra			2			3
		Internet		09:00 -12:00		3	11		3	5
				14:00 -18:00		4	7		4	9
				20:00 -23:00					1	2
				Transmisión por cobre		1	16		8	13
				Transmisión por fibra		6	2			3
		Televisión		09:00 -12:00			6	1	3	4
				14:00 -18:00			11	2	4	8
20:00 -23:00					4	1	1	4		
Antena						4	8	16		
Estado de los contratos de servicios de telecomunicaciones		Un proveedor		5	4	18	1	3	5	
		Diferentes proveedores				3	3	5	11	
Percepción del servicio		Satisfecho		4	2	11	2	3	6	
		Insatisfecho		1	2	10	2	5	10	
Acogida de la propuesta de los servicios triple play		No		2	1	5	1	3	5	
		Si		3	3	16	3	5	11	

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

- **Análisis Sector Residencial**

La tabla 3-3 y la tabla 4-3 se tabula con base al anexo 2, donde se encuentra el análisis de cada una de las preguntas encuestadas, datos que sirvieron para determinar la situación actual de los servicios de telecomunicaciones en el sector.

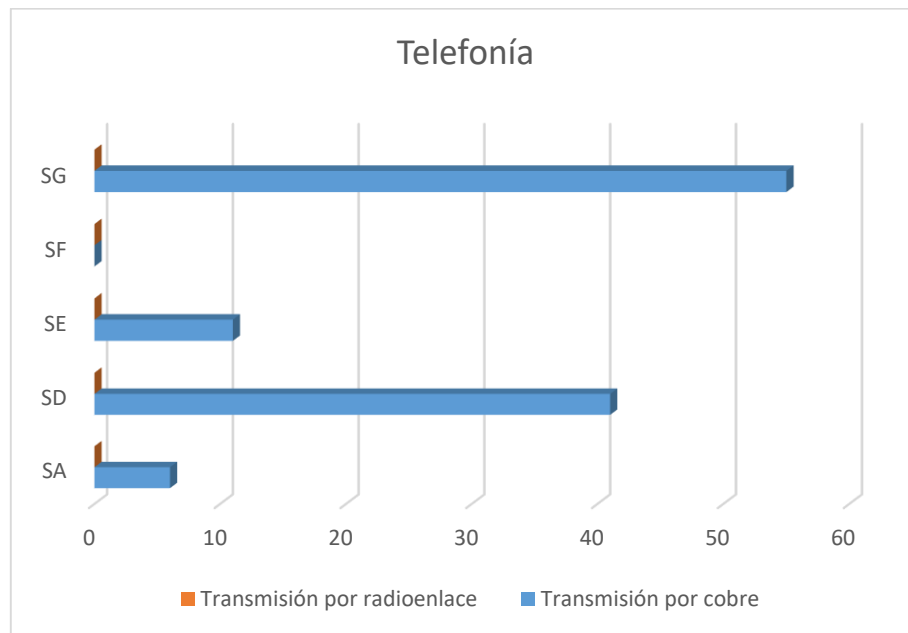


Figura 3-3. Medio de acceso para el servicio de telefonía, sector residencial

Realizado por: Sani, J. 2017

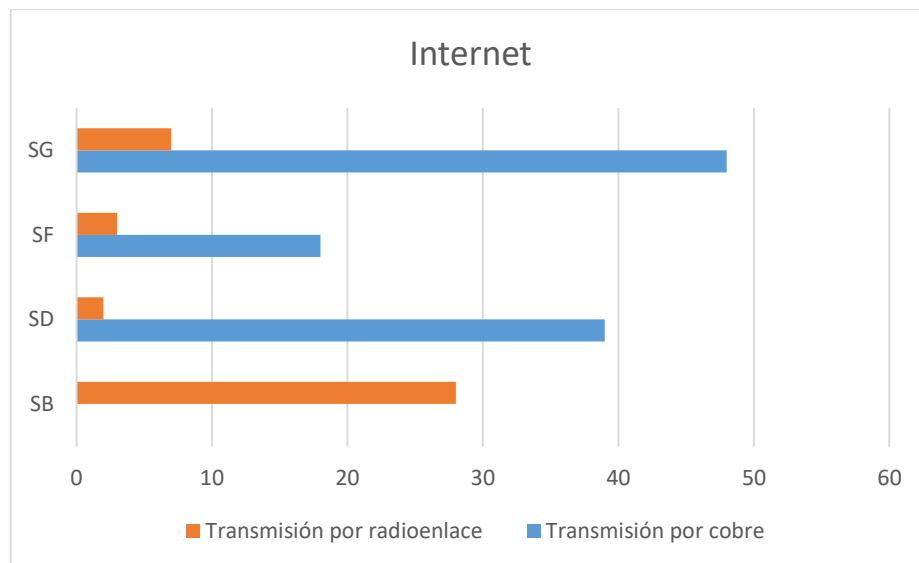


Figura 4-3. Medios de acceso para el servicio de internet, sector residencial

Realizado por: Sani, J. 2017

De los 216 encuestados el 18.52% no posee ninguno de los servicios, los encuestados que poseen el servicio de telefonía (113 personas), el 100% tienen acceso mediante cobre, el servicio de internet (145 personas) el 72,41% acceden por cobre y el 27,59% mediante radioenlace, mientras que la televisión (101 usuarios) el 100% reciben el servicio mediante antena.

En cuanto al valor económico que se cancela por los servicios de telecomunicaciones, presenta que en el servicio de telefonía el 80% paga entre 10-20\$ y un 20% entre 20-30\$. Por el servicio de internet el 67.86 % paga entre 20 a 30 \$ mientras que el 28.57% entre 30-40\$ y solo el 3.57% pagan precios inferiores a los mencionados. En cuanto al servicio de televisión por suscripción un 57.14% cancelan valores entre 20-30\$ mientras que un 28.57% pagan entre 30-40\$ y un 14.29% valores entre \$ 40-50. Cuando poseen más de un servicio los valores que cancelan el 18.39% están entre 30-40 \$, el 73.56% entre 40-50\$ y un porcentaje de 8.05% pagan valores superiores a 50\$, determinando que en este sector la población tiene una capacidad de pago entre 20 a 40 \$ por dos servicios mientras que por tres servicios valores superiores a 40\$. Al medir el grado de satisfacción en el caso del servicio de internet se encuentra insatisfecho el 86.81 %, en telefonía un 65,93% y en televisión por suscripción el 54.94 %, estos porcentajes se deben a la latencia e interferencia, tiempos de reparación altos y en algunos casos consideran que cancelan precios altos por un mal servicio.

Se analiza los horarios con mayor demanda de los servicios para dimensionar la red según los requerimientos de la población.

El servicio de telefonía tiene mayor concurrencia en el horario comprendido entre las 14:00 a las 18:00 seguido del horario de 09:00 a 12:00 y el horario con menos acogida está entre las 20:00 a 23:00. El servicio de internet tiene mayor frecuencia de uso en el horario de 20:00 a 23:00 seguido del horario de las 14:00 a 18:00. El servicio de televisión tiene su repunte en el horario de las 20:00 a 23: 00 seguido del horario de 14:00 a 18:00.

Para la simultaneidad del servicio de Internet relacionamos los hogares que cuentan con el servicio, en este caso 145, de los cuales 64 se encuentran dentro del horario de mayor uso del servicio, es así que:

$$S = \frac{\text{Total de Accesos en tiempo determinado}}{\text{Total de usuarios}} * 100\% \quad (6)$$

Aplicando la ecuación (6) se tiene:

$$S = \frac{74}{145} * 100\% = 51.03\%$$

De las personas que tienen más de un servicios de telecomunicaciones se verifica que el 52.34% tienen contratos con diferentes empresas por los precios y la insatisfacción con el servicio que se

brinda. Debido a la insatisfacción de esta parte de la población se la toma como una posible demanda inicial para la propuesta en conjunto con el porcentaje de la población que no posee ninguno de los servicios y quienes tienen acogida por la propuesta que equivale al 50,93%.

- **Análisis Sector Corporativo**

Según el anexo B figura 2 y figura 3 según corresponde, el acceso al servicio de telefonía corresponde al 90.48% mediante cobre y el restante por fibra y el servicio de internet el acceso por cobre corresponde al 77.55% y el 22,45% por fibra, la televisión suscrita el 100% es mediante antena.

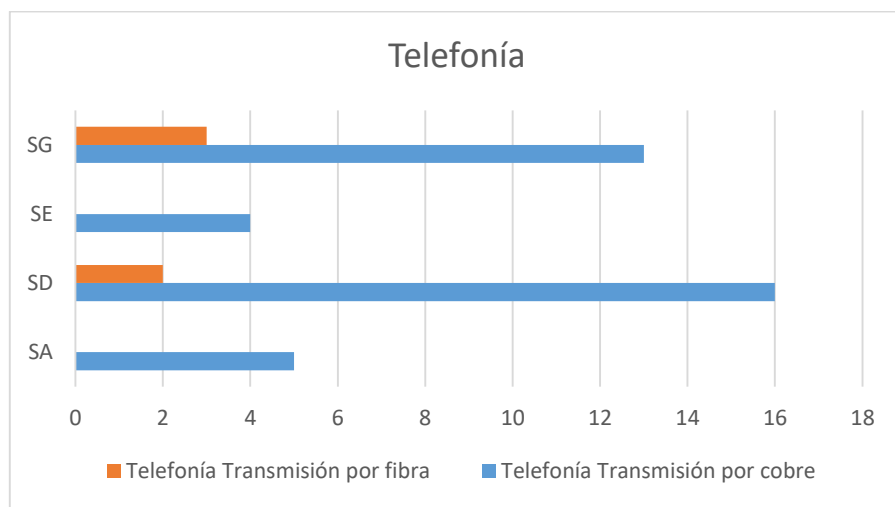


Figura 5-3. Medio de acceso de telefonía, sector corporativo.

Realizado por: Sani, J. 2017

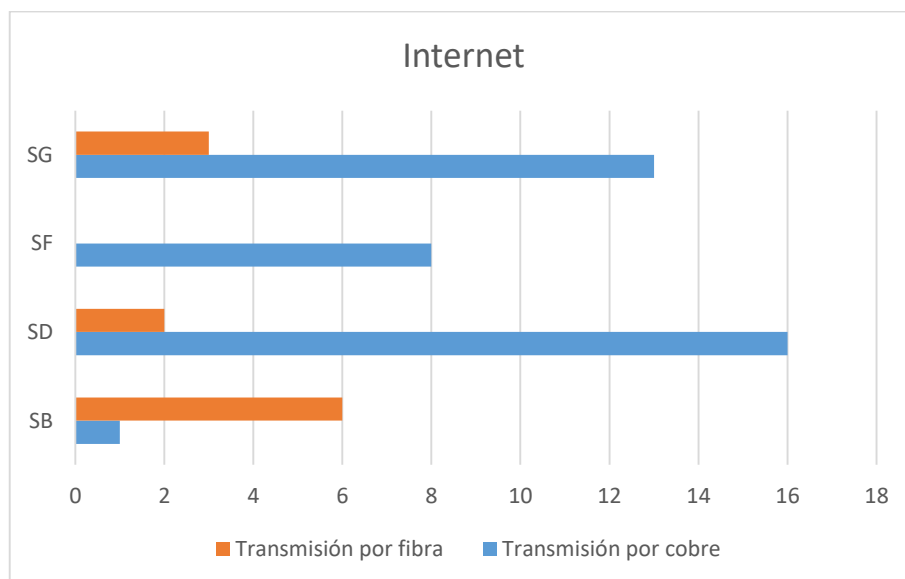


Figura 6-3. Medio de acceso de internet, sector corporativo.

Realizado por: Sani, J. 2017

De los encuestados en este sector el 5,17% cancelan valores entre 20-30\$, el 37,93% entre 30-50\$, el 46,55% entre 50-70\$ y valores superiores a estos rangos el 17,24%, es decir que los valores promedio que se cancelan en este sector se encuentran entre 40-70\$.

Al medir el grado de satisfacción el 51,72% no se encuentra satisfecho con el servicio que se brinda por similares razones mencionadas en el análisis residencial.

Para el dimensionamiento de la red se analiza los horarios con mayor demanda, teniendo así que el servicio de telefonía tiene mayor demanda en el horario comprendido entre las 14:00 a las 18:00 seguido del horario de 09:00 a 12:00 y el horario con menos acogida es las 20:00 a 23:00. El servicio de internet tiene mayor frecuencia de uso en el horario de 14:00 a 18:00 seguido del horario de las 09:00 a 12:00.

Según la ecuación (6) se obtiene mediante el número de accesos en el espacio de tiempo de mayor concurrencia es decir 24 usuarios y el total de usuarios que cuentan con el servicio (49). Por lo tanto:

$$S = \frac{24}{49} * 100\% = 48,98\%$$

De las personas que tienen más de un servicio de telecomunicaciones se verifica que el 37.93% tienen contratos con diferentes proveedores, por razones como los precios y debido a que el tipo de servicio que se brinda no los satisface. El grado de aceptación de la propuesta es de 70.69%.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comprende el diseño tanto lógico como físico de la red, en donde se identifican los elementos de la red FTTH y en la que se aplica la tecnología GPON ya que es la que proporciona mayores prestaciones en transmisión de datos, crecimiento de la red entre otras ventajas como se muestra en la tabla 3-2.

El diseño se encuentra dividido en dos partes: el diseño lógico y el diseño físico.

4.1 Diseño Lógico

Se lo establece en base a las siguientes consideraciones:

- Delimitación
- Dimensionamiento de la red
- Arquitectura
- Topología
- Análisis de requerimientos de ancho de banda

4.1.1. *Delimitación*

Para el diseño se realiza una distribución en zonas del área de estudio con la finalidad de tener un adecuado control y seguimiento de la red. Las zonas se las va a definir en base a:

- Proyección de crecimiento de la red
- Concentración poblacional
- Área Comercial
- Accesos

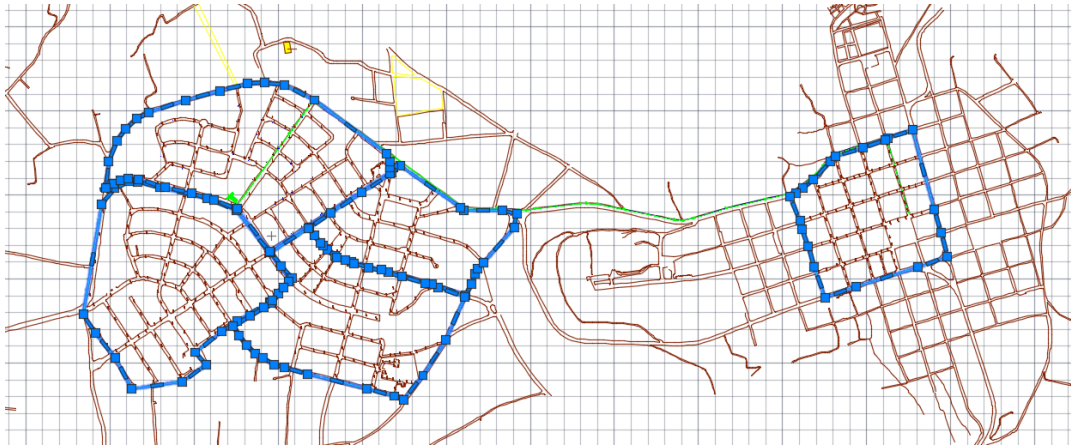


Figura 1-4. Pelileo zona urbana

Realizado por: Sani, J. 2017

En el sector de Pelileo Nuevo según figura 2-4 se divide en cuatro zonas debido a que esta ciudad es comercial y densamente poblada por ende los requerimientos se proyecta serán altos, es así que se requiere una distribución uniforme para que la gestión no sea complicada.

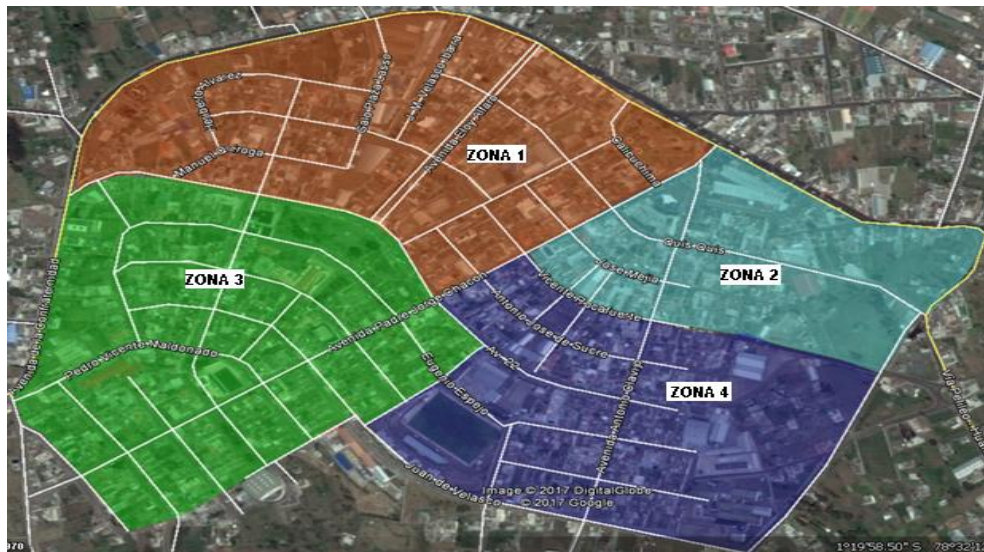


Figura 2-4. Zonificación Pelileo Nuevo

Realizado por: Sani, J. 2017

- La zona 1 comprende desde la Avenida 22 de Julio, baja por la calle Padre Chacón y concluye con la avenida Confraternidad.
- La zona 2 está delimitada por la Avenida Padre Chacón, Confraternidad, Vicente Rocafuerte y la Av. de los Recuerdos.
- La zona 3 comprende la Avenida 22 de julio, calle Confraternidad y la calle Zoposopanqui.

- La zona 4 comprende las Avenidas 22 de julio, Padre Chacón, la calle Vicente Rocafuerte y la Av. de los Recuerdos.



Figura 3-4. Zonificación Pelileo Grande

Realizado por: Sani, J. 2017

La zona 5 comprende el sector central de Pelileo Grande como se ve en la figura 3-4.

4.1.2. Capacidad por servicio

Según el punto 2.2.2.1, la capacidad que se requiere para cada uno de los servicios se resume en la tabla 1-4 por sector.

Tabla 1-4. Capacidad de canal por servicio y sector

SERVICIO		RESIDENCIAL		CORPORATIVA	
		CAPACIDAD REQUERIDA	CAPACIDAD TOTAL	CAPACIDAD REQUERIDA	CAPACIDAD TOTAL
Televisión	SDTV	2 Mbps	10,000 Mbps	2 Mbps	10,000 Mbps
	HDTV	8 Mbps		8 Mbps	
Telefonía	Digital	64 Kbps	0,064 Mbps	64 Kbps	0,064 Mbps
Datos	Internet	3 Mbps	3, 000 Mbps	6 Mbps	6, 000 Mbps
TOTAL			13,064 Mbps		16,064 Mbps

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Basándose en la tabla 1-4 se concluye que la tecnología de red a usar debe soportar 13. 064 Mbps y 16. 064 Mbps por usuario, en el sector residencial y corporativo respectivamente.

4.1.3. Topología de la Red

La tecnología GPON usa WDM, es decir los canales de upstream y de downstream trabajan a diferentes longitudes de onda.

Sentido Downstream.- se envía la información en un solo sentido en forma de broadcast desde la OLT hacia las ONT y lo hace con una longitud de onda de 1480-1500, se considera una topología punto-multipunto.

Sentido Upstream.- se envía la información desde la ONT hacia la OLT utilizando TDMA y en una longitud de onda de 1290-1330, llegando a una topología.

4.1.4. Arquitectura

La propuesta presenta los bloques principales que forman la red (OLT, Red ODF, Red troncal, Red de Distribución, Red de Dispersión y la Red Interna que concluye en la ONT) de forma lógica y física como se muestra en la figura 4-4.



Figura 4-4. Diagrama de red

Realizado por: Sani, J. 2017

a) Terminal de línea Óptica (OLT)

Este equipo central de la red en el diseño se encuentra ubicado en las calles Padre Chacón y 22 de julio debido a que es un lugar céntrico, lo que permite balancear la carga de la red en todas las direcciones como se muestra en la figura 5-4.

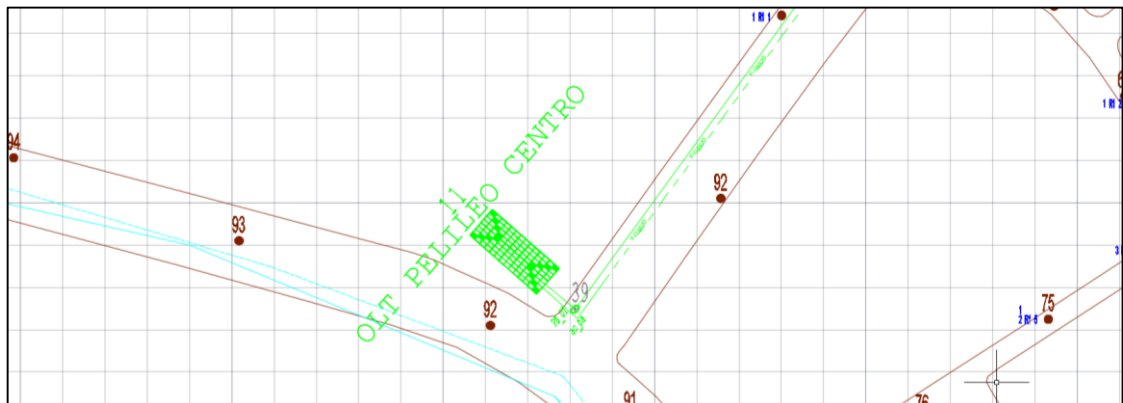


Figura 5-4. Ubicación OLT en el diseño

Realizado por: Sani, J. 2017

b) Distribuidor O Repartidor General (ODF)

Punto donde llegan los hilos de fibra óptica y permite conectar la planta externa con los equipos de acceso (OLT).

c) Red Troncal

Denominada también red feeder, comprende el tendido principal de fibra que se convierte en la columna vertebral de la red, desde la cual nacen las ramificaciones de la red mediante los splitters. Para el tendido se tomó la ruta que ofrece mayores prestaciones técnicas y económicas, con la finalidad de evitar daños en la transmisión de la señal y con el menor gasto para una posible implementación, para lo cual se tomó en cuenta:

- Una ruta céntrica y que cubra la mayor parte del sector de estudio.
- Accesibilidad para el trazado y despliegue de elementos necesarios en la red.
- Proyección del crecimiento poblacional.
- Evitar curvaturas abruptas en el cable feeder

Esta red comprende la fibra que sale de la OLT hasta el primer nivel de splitteo. En el diseño inicia en la calle 22 de julio, avanza por la calle Padre Chacón, continúa por la Av. Confraternidad, hasta la intersección con la Av. De los Recuerdos para continuar por la misma hasta concluir en el parque 10 de agosto, se muestra en la figura 6-4 mediante la línea azul.

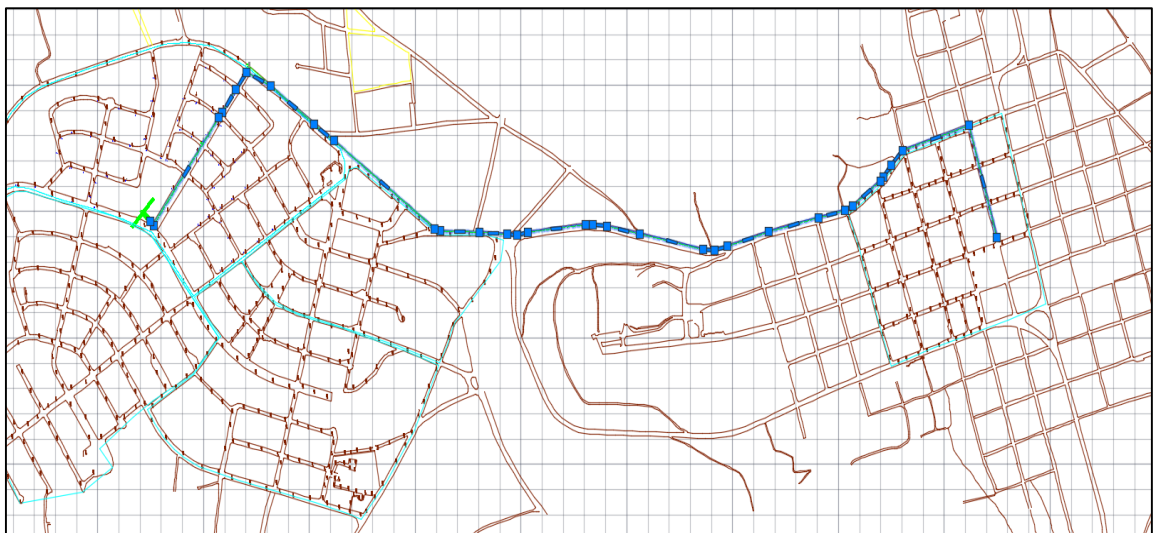


Figura 6-4. Red Feeder

Realizado por: Sani, J. 2017

En el presente diseño el cable de fibra óptica troncal o FT01, diseñado de forma canalizada, partiendo desde la OLT que se encuentra ubicada en la dirección antes mencionada hasta un pozo proyectado denominado PZ_01 ubicado a 8 metros de la OLT, en el pozo PZ_01 se colocó una manga troncal M_01 en el que se alojan 4 splitters primario de 1:4.

En la manga M_01 ingresa el cable Feeder, de la manga se derivará los cables de distribución para las cajas ópticas de distribución ópticas, en nuestro caso NAP'S aéreas, para las zonas 1, 3, 4 se trabaja con fibras de 12 hilos, para la zona 2 y 5 una fibra de 6 hilos, figura 7-4.

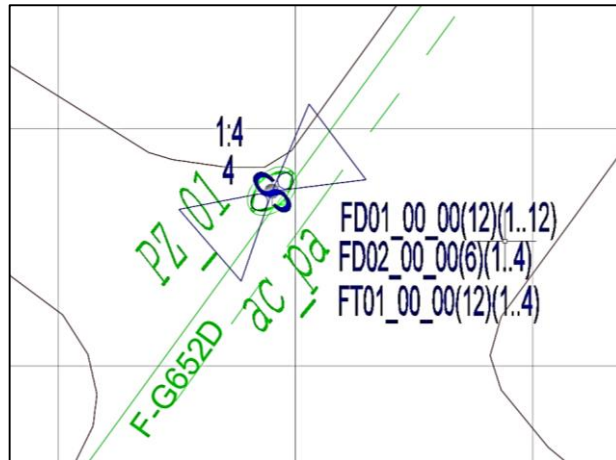


Figura 7-4. Red Feeder y manga

Realizado por: Sani, J. 2017

d) Red de Distribución

De la red feeder se pasa a los armarios de distribución de los cuales nace la red de distribución.

Inicia en el primer nivel de splitters, teniendo en el diseño para las zonas 1, 3, 4 una relación de 1:4 mientras que para las zonas 2,5 una relación 1:2. Posteriormente existe un segundo nivel de splitters que tienen una relación de 1:8 para las primeras zonas mencionadas y las subsiguientes una relación 1:16, llegando a tener en todas las zonas una relación final de 1:32, esta red concluye en las cajas de distribución óptica (NAP), figura 8-4.

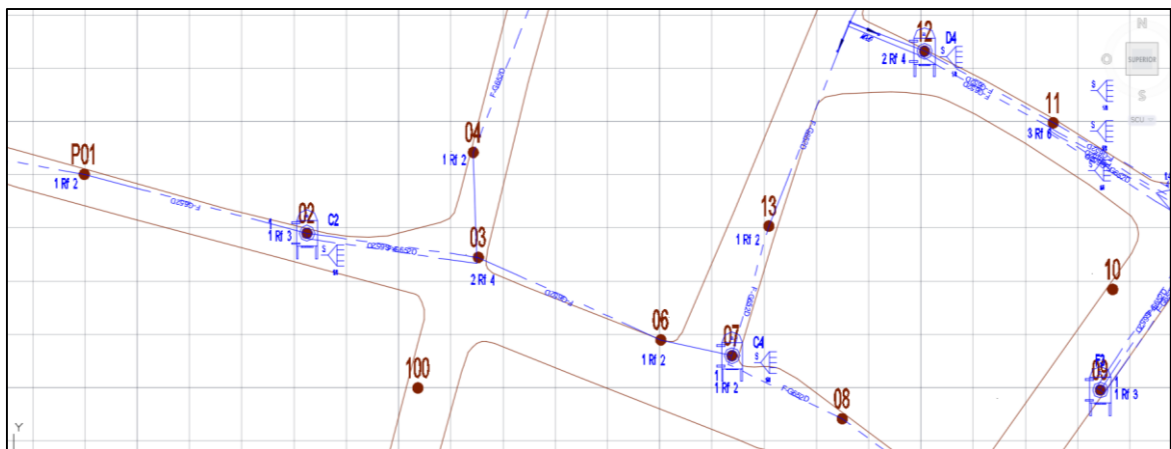


Figura 8-4. Red de Distribución

Realizado por: Sani, J. 2017

e) **Red de Dispersión**

Corresponde a la red que nace de la Caja de Distribución Óptica (NAP) y conecta al usuario final mediante un cable de fibra, figura 9-4.

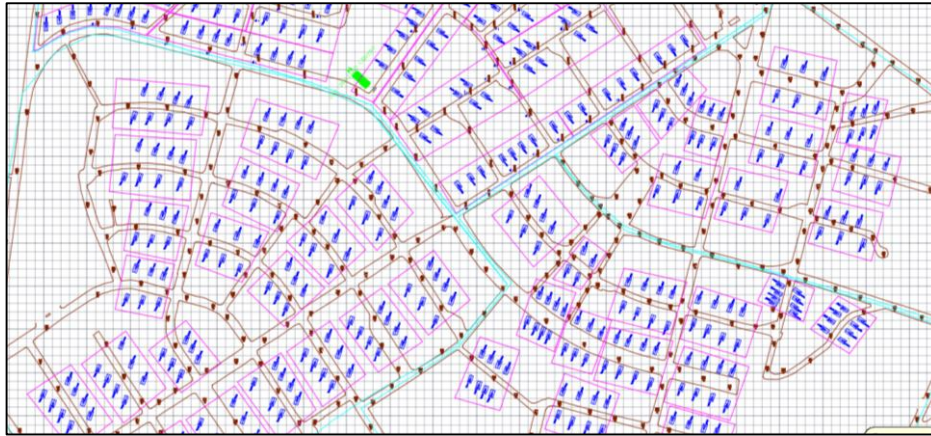


Figura 9-4. Red de Dispersión

Realizado por: Sani, J. 2017

f) **Red Interna**

Corresponde al enlace que se encuentra dentro del domicilio, inicia en la roseta y concluye en la ONT/ONU, equipo mediante el cual se tiene acceso a los diferentes servicios, figura 10-4.

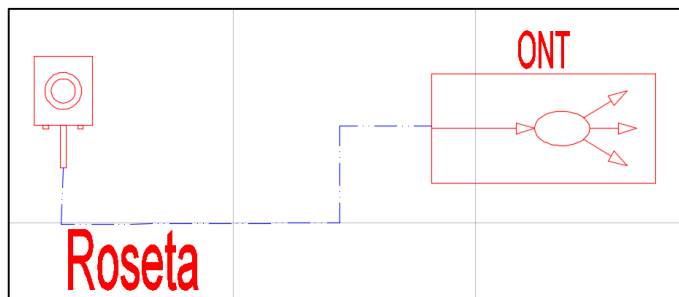


Figura 10-4. Red Interna

Realizado por: Sani, J. 2017

4.1.5. Análisis del Ancho de Banda

Para esta etapa se analiza la relación de splitteo a aplicar en la red con la finalidad de que cumpla con los requerimientos de ancho de banda tanto para el sector residencial como corporativo. Se trabajará con una red asimétrica, es decir la capacidad de subida y bajada serán diferentes siendo la velocidad de downstream de 2.5 Gbps y la de upstream de 1.2 Gbps. En el diseño se muestran cinco zonas pero se tiene proyectado cubrir, de la OLT sale una fibra por cada zona 1, 3, 4 mientras

que la zona 2 y 5 comparten el mismo puerto por ende sale una sola fibra, posteriormente tienen un primer nivel de splitters de relación 1:4 esto en las zonas 1,3, 4 posteriormente presenta un nivel adicional de splitters de 1:8 mientras que la 2 y 5 tienen una relación 1:2 y el segundo nivel de splitters es de 1:16 para tener una mejor distribución de la red, teniendo de esta forma una relación de 1:32.

Inicialmente se requerirá un AB mínimo de 243.36 Mbps que corresponde a la demanda inicial entre los dos sectores.

AB tecnología GPON: 2.5 Gbps

AB en downstream: 2.5 Gbps

Relación de splitteo: 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64

$$AB_{fibra} = Velocidad\ de\ bajada * Relación\ de\ splitteo \quad (7)$$

Primer Nivel de Splitteo

Zona 1, 3, 4

$$AB_{fibra} = 2.5\ Gbps * \frac{1}{4} = 625\ Mbps$$

Zona 2, 5

$$AB_{fibra} = 2.5\ Gbps * \frac{1}{2} = 1,25\ Gbps$$

Tabla 2-4. Primer nivel de splitteo

Cantidad		Zona	Splitter	Capacidad [Mbps]
1		Zona 1	1:4	625
1		Zona 3	1:4	625
1		Zona 4	1:4	625
1		Zona 2	1:2	1250
		Zona 5		

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Segundo Nivel de Splitteo

Zona 1, 3, 4

$$AB_{fibra} = 625\ Mbps * \frac{1}{8} = 78.13\ Mbps$$

Zona 2, 5

$$AB_{fibra} = 1.25 \text{ Gbps} * \frac{1}{16} = 78,13 \text{ Gbps}$$

Tabla 3-4. Segundo nivel de splitteo

Cantidad	Zona	Splitter	Capacidad [Mbps]
4	Zona 1	1:8	78.13
4	Zona 3	1:8	78.13
4	Zona 4	1:8	78.13
1	Zona 2	1:16	78.13
1	Zona 5	1:16	78.13

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Una vez determinada la cantidad de splitters y los niveles de splitteo se realiza el diagrama lógico de la red como se muestra en la figura 11-4.

En el sentido downstream es decir desde la OLT hacia las ONT es una topología punto a multipunto ya que la OLT envía la información hacia los splitters los cuales se encargan de repartir dicha información, para este caso se inicia con una relación 1:4 en tres zonas mientras que las dos restantes tienen una relación 1:2; posteriormente hay una segunda relación de 1:8 en el caso de las primeras zonas mencionadas y en las últimas una relación 1:16. En el sentido upstream es una topología punto a punto donde cada una de las ONT/ONU se comunica con la OLT.

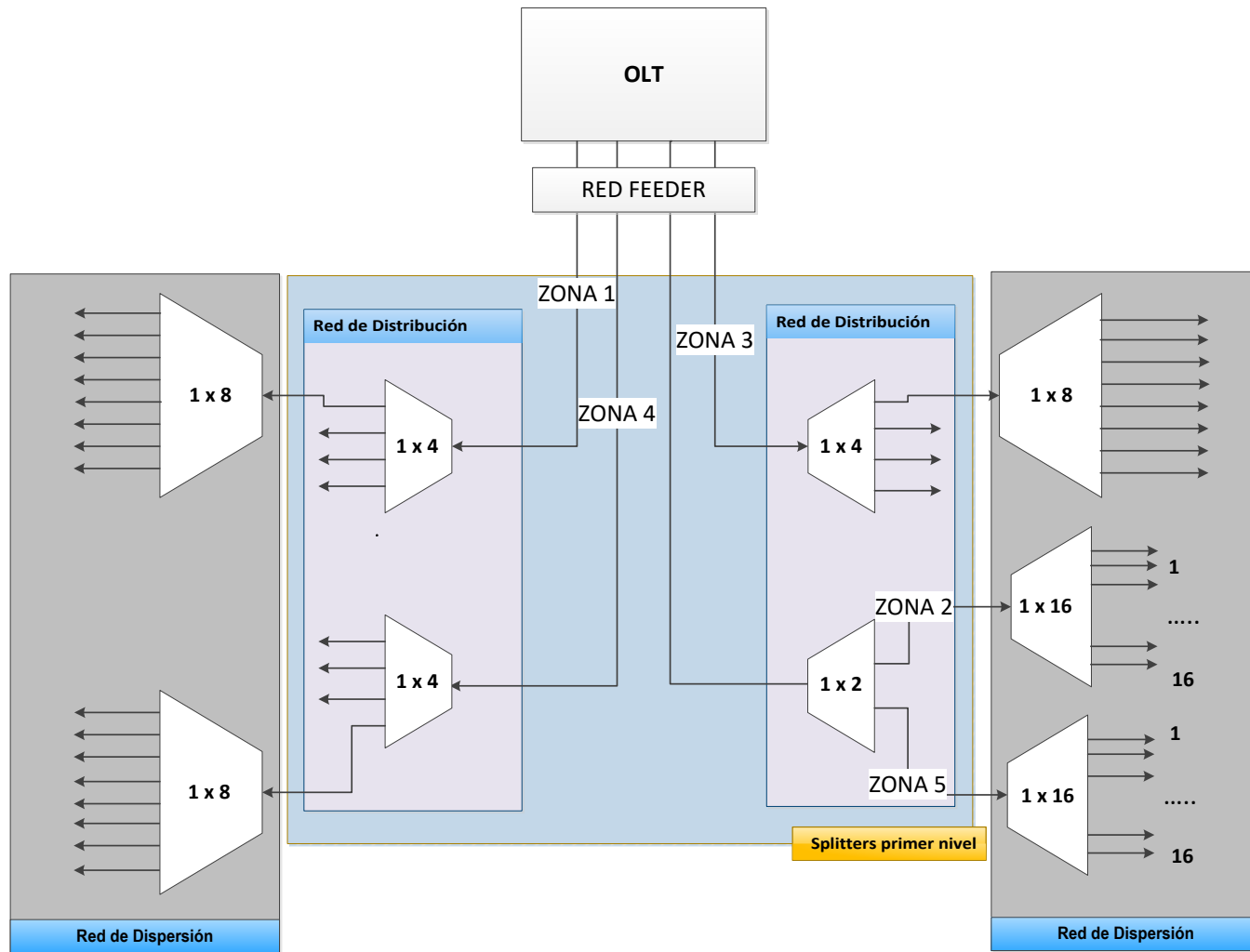


Figura 11-4. Diagrama Lógico de la red

Realizado por: Sani, J. 2017

4.1.6. Distribución de la red

Una vez establecidos los niveles de splitteo se tiene datos de los armarios, los mismos que corresponden a la red de distribución y las cajas de distribución de las cuales nace la red de dispersión a partir de estas se dirigen las fibras hacia los usuarios finales. La OLT se representa con el número 0 para puntualizar que se está usando una única OLT, la tarjeta se representa con el número 1 y 2 para indicar que se está trabajando con la tarjeta 1 y 2 de las 8 que posee la OLT, figura 12-4.

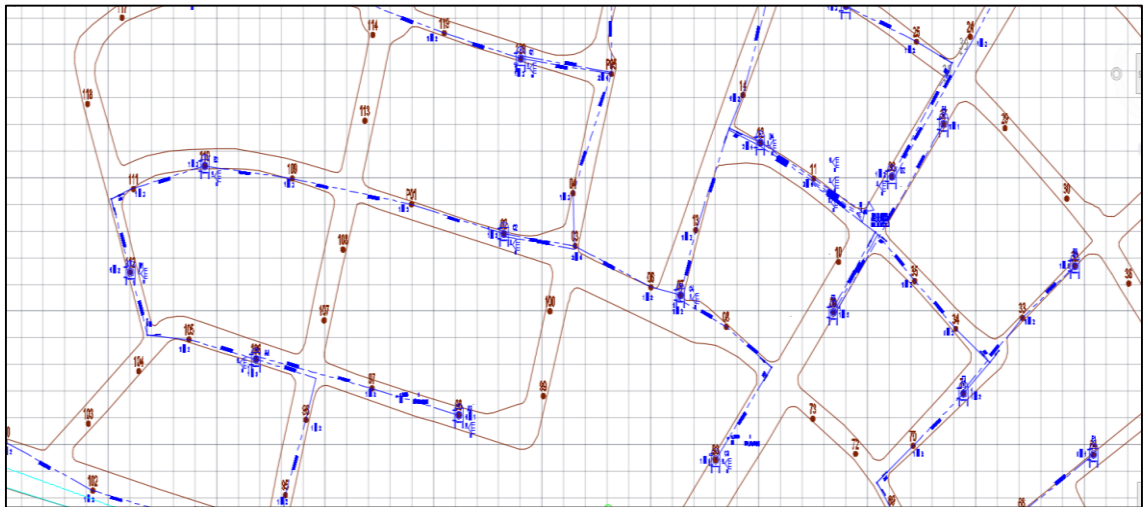


Figura 12-4. Distribución de la red

Realizado por: Sani, J. 2017

Tabla 4-4. Elementos de la red de distribución y dispersión

ZONA	Tarjetas/8	puertos OLT /8	FIBRA	Puertos OLT /8	Capacidad [Mbps] por enlace	Manga	Relación de Splitter	ZONA_ARM	ZONA_ARM_NAP	Relación de Splitter	ZONA_ARM_NAP_ENL	Capacidad [Mbps] por enlace						
ZONA 1	1	1	F1	1	625	M_01	1:4	ZON1_ARM1	ZON1_ARM1_NAP1	1:8	ZON1_ARM1_NAP1_ENL1	78,13						
									ZON1_ARM1_NAP1_ENL8		78,13							
									ZON1_ARM1_NAP2	1:8	ZON1_ARM1_NAP2_ENL1	78,13						
									ZON1_ARM1_NAP2_ENL8		78,13							
									ZON1_ARM1_NAP3	1:8	ZON1_ARM1_NAP3_ENL1	78,13						
									ZO1_ARM1_NAP3_ENL8		78,13							
									ZON1_ARM1_NAP4	1:8	ZON1_ARM1_NAP4_ENL1	78,13						
									ZON1_ARM1_NAP4_ENL8		78,13							
									2	2	625	M_02	1:04	ZON1_ARM2	ZON1_ARM2_NAP1	1:8	ZON1_ARM2_NAP1_ENL1	78,13
															ZON1_ARM2_NAP1_ENL8		78,13	
															ZON1_ARM2_NAP2	1:8	ZON1_ARM2_NAP2_ENL1	78,13
															ZON1_ARM2_NAP2_ENL8		78,13	
	ZON1_ARM2_NAP3	1:8	ZON1_ARM2_NAP3_ENL1	78,13														
	ZON1_ARM2_NAP3_ENL8		78,13															
	ZON1_ARM2_NAP4	1:8	ZON1_ARM2_NAP4_ENL1	78,13														
ZON1_ARM2_NAP4_ENL8	78,13																	
3	3	625	M_03	1:4	ZON1_ARM3	ZON1_ARM3_NAP1	1:8	ZON1_ARM3_NAP1_ENL1	78,13									
						ZON1_ARM3_NAP1_ENL8		78,13										
						ZON1_ARM3_NAP2	1:8	ZON1_ARM3_NAP2_ENL1	78,13									
						ZON1_ARM3_NAP2_ENL8		78,13										

ZONA 3	F2							ZON1_ARM3_NAP3	1:8	ZON1_ARM3_NAP3_ENL1	78,13		
										ZON1_ARM3_NAP3_ENL8	78,13		
										ZON1_ARM3_NAP4	1:8	ZON1_ARM3_NAP4_ENL1	78,13
									ZON1_ARM3_NAP4_ENL8	78,13			
		4	4	625	M_04	1:4	ZON1_ARM4	ZON1_ARM4_NAP1	1:8	ZON1_ARM4_NAP1_ENL1	78,13		
										ZON1_ARM4_NAP1_ENL8	78,13		
								ZON1_ARM4_NAP2	1:8	ZON1_ARM4_NAP2_ENL1	78,13		
										ZON1_ARM4_NAP2_ENL8	78,13		
								ZON1_ARM4_NAP3	1:8	ZON1_ARM4_NAP3_ENL1	78,13		
										ZON1_ARM4_NAP3_ENL8	78,13		
								ZON1_ARM4_NAP4	1:8	ZON1_ARM4_NAP4_ENL1	78,13		
										ZON1_ARM4_NAP4_ENL8	78,13		
		5	5	625	M_05	1:4	ZON3_ARM1	ZON3_ARM1_NAP1	1:8	ZON3_ARM1_NAP1_ENL1	78,13		
										ZON3_ARM1_NAP1_ENL8	78,13		
								ZON3_ARM1_NAP2	1:8	ZON3_ARM1_NAP2_ENL1	78,13		
										ZON3_ARM1_NAP2_ENL8	78,13		
								ZON3_ARM1_NAP3	1:8	ZON3_ARM1_NAP3_ENL1	78,13		
										ZON3_ARM1_NAP3_ENL8	78,13		
								ZON3_ARM1_NAP4	1:8	ZON3_ARM1_NAP4_ENL1	78,13		
										ZON3_ARM1_NAP4_ENL8	78,13		
6	6	625	M_06	1:4	ZON3_ARM2	ZON3_ARM2_NAP1	1:8	ZON3_ARM2_NAP1_ENL1	78,13				
								ZON3_ARM2_NAP1_ENL8	78,13				
						ZON3_ARM2_NAP2	1:8	ZON3_ARM2_NAP2_ENL1	78,13				
								ZON3_ARM2_NAP2_ENL8	78,13				
						ZON3_ARM2_NAP3	1:8	ZON3_ARM2_NAP3_ENL1	78,13				
								ZON3_ARM2_NAP3_ENL8	78,13				
ZON3_ARM2_NAP4	1:8	ZON3_ARM2_NAP4_ENL1	78,13										

										ZON3_ARM2_NAP4_ENL8	78,13				
		7		7	625	M_07	1:4	ZON3_ARM3	ZON3_ARM3_NAP1	1:8	ZON3_ARM3_NAP1_ENL1	78,13			
											ZON3_ARM3_NAP1_ENL8	78,13			
										ZON3_ARM3_NAP2	1:8	ZON3_ARM3_NAP2_ENL1	78,13		
												ZON3_ARM3_NAP2_ENL8	78,13		
										ZON3_ARM3_NAP3	1:8	ZON3_ARM3_NAP3_ENL1	78,13		
												ZON3_ARM3_NAP3_ENL8	78,13		
										ZON3_ARM3_NAP4	1:8	ZON3_ARM3_NAP4_ENL1	78,13		
		ZON3_ARM3_NAP4_ENL8	78,13												
		8		8	625	M_08	1:4	ZON3_ARM4	ZON3_ARM4_NAP1	1:8	ZON3_ARM4_NAP1_ENL1	78,13			
											ZON3_ARM4_NAP1_ENL8	78,13			
									ZON3_ARM4_NAP2	1:8	ZON3_ARM4_NAP2_ENL1	78,13			
											ZON3_ARM4_NAP2_ENL8	78,13			
									ZON3_ARM4_NAP3	1:8	ZON3_ARM4_NAP3_ENL1	78,13			
											ZON3_ARM4_NAP3_ENL8	78,13			
									ZON3_ARM4_NAP4	1:8	ZON3_ARM4_NAP4_ENL1	78,13			
		ZON3_ARM4_NAP4_ENL8	78,13												
ZONA 4	2	1	F3	1	625	M_09	1:4	ZON4_ARM1	ZON4_ARM1_NAP1	1:8	ZON4_ARM1_NAP1_ENL1	78,13			
											ZON4_ARM1_NAP1_ENL8	78,13			
											ZON4_ARM1_NAP2	1:8	ZON4_ARM1_NAP2_ENL1	78,13	
													ZON4_ARM1_NAP2_ENL8	78,13	
											ZON4_ARM1_NAP3	1:8	ZON4_ARM1_NAP3_ENL1	78,13	
													ZON4_ARM1_NAP3_ENL8	78,13	
											ZON4_ARM1_NAP4	1:8	ZON4_ARM1_NAP4_ENL1	78,13	
					ZON4_ARM1_NAP4_ENL8	78,13									
					2		2	625	M_10	1:4	ZON4_ARM2	ZON4_ARM2_NAP1	1:8	ZON4_ARM2_NAP1_ENL1	78,13
														ZON4_ARM2_NAP1_ENL8	78,13

								ZON4_ARM2_NAP2	1:8	ZON4_ARM2_NAP2_ENL1	78,13
										ZON4_ARM2_NAP2_ENL8	78,13
								ZON4_ARM2_NAP3	1:8	ZON4_ARM2_NAP3_ENL1	78,13
										ZON4_ARM2_NAP3_ENL8	78,13
								ZON4_ARM2_NAP4	1:8	ZON4_ARM2_NAP4_ENL1	78,13
										ZON4_ARM2_NAP4_ENL8	78,13
		3		3	625	M_11	1:4	ZON4_ARM3	1:8	ZON4_ARM3_NAP1_ENL1	78,13
										ZON4_ARM3_NAP1_ENL8	78,13
								ZON4_ARM3_NAP2	1:8	ZON4_ARM3_NAP2_ENL1	78,13
										ZON4_ARM3_NAP2_ENL8	78,13
								ZON4_ARM3_NAP3	1:8	ZON4_ARM3_NAP3_ENL1	78,13
										ZON4_ARM3_NAP3_ENL8	78,13
								ZON4_ARM3_NAP4	1:8	ZON4_ARM3_NAP4_ENL1	78,13
										ZON4_ARM3_NAP4_ENL8	78,13
		4		4	625	M_12	1:4	ZON4_ARM4	1:8	ZON4_ARM4_NAP1_ENL1	78,13
										ZON4_ARM4_NAP1_ENL8	78,13
								ZON4_ARM4_NAP2	1:8	ZON4_ARM4_NAP2_ENL1	78,13
										ZON4_ARM4_NAP2_ENL8	78,13
								ZON4_ARM4_NAP3	1:8	ZON4_ARM4_NAP3_ENL1	78,13
										ZON4_ARM4_NAP3_ENL8	78,13
								ZON4_ARM4_NAP4	1:8	ZON4_ARM4_NAP4_ENL1	78,13
										ZON4_ARM4_NAP4_ENL8	78,13
ZONA 2		5	F4	5	625	M_13	1:2	ZON2_ARM1	1:8	ZON2_ARM1_NAP1_ENL1	78,13
										ZON2_ARM1_NAP1_ENL8	78,13

								ZON2_ARM1_NAP2	1:8	ZON2_ARM1_NAP2_ENL1	78,13
										ZON2_ARM1_NAP2_ENL8	78,13
ZONA 5	6	6	625	M_14	1:2	ZON5_ARM1	ZON5_ARM1_NAP1	1:8	ZON5_ARM1_NAP1_ENL1	78,13	
									ZON5_ARM1_NAP1_ENL8	78,13	
							ZON5_ARM1_NAP2	1:8	ZON5_ARM2_NAP2_ENL1	78,13	
									ZON5_ARM2_NAP2_ENL8	78,13	

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

4.1.7. Presupuesto de enlace

Para el análisis de pérdidas que existen en la red por la inserción de elementos como splitters o conectores, este análisis permite determinar las condiciones físicas que debe tener la red para un adecuado funcionamiento, cuando existen pérdidas muy altas se debe realizar adecuaciones como la elevación de la potencia de transmisión para que se logre concretar la transmisión aunque se tenga el inconveniente de la sobrecarga a los equipos como ONT'S y OLT. Para el cálculo del presupuesto óptico se utiliza los valores de atenuación (pérdidas) definidos en la norma (Recomendación ITU-G.984.2, 2003)

$$\alpha_T = \alpha_{in_niv1} + \alpha_{in_niv2} + \alpha_f + \alpha_e + \alpha_c + \text{margen de guarda} \quad (8)$$

Donde:

- α_T = Pérdidas totales

Es decir corresponde a la pérdida del enlace mediante la sumatoria de las pérdidas producidas en cada una de las fases como el splitteo, empates y en la fibra misma.

- α_f = Índice de atenuación de la fibra * distancia (9)

Corresponde a la pérdida de señal mientras atraviesa la fibra, se calcula con el índice de atenuación que viene dada por el fabricante de acuerdo al tipo de fibra como se muestra en la tabla 5-4 y se multiplica por la distancia que debe recorrer la fibra.

Tabla 5-4. Atenuaciones en fibra G.652.D y G.657.A.

	G.652.D	G.657.A
Longitud de Onda	Atenuación	Atenuación
$\lambda= 1310\text{nm}$	-0.35 dB/Km	-0.4 dB/Km
$\lambda= 1550 \text{ nm}$	-0.25 dB/Km	-0.3 dB/Km

Fuente: Recomendación UIT-T G.652 , 2005

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

- α_e = Atenuación por empalmes * número de empalmes (10)

Son las pérdidas producidas en los empalmes o uniones los cuales pueden ser por fusión la cual es de 0.1 dB o por empalme mecánico que es de 0.5 dB.

- α_c = Atenuación por conectores * número de conectores (11)

Los conectores son los que se encuentran en los extremos de los patch cords y estos insertan pérdidas de 0.5 dB.

- **Margen de guarda**

Es el parámetro permite prever pérdidas futuras en el enlace por nuevos empalmes, conectores entre otros; y que aún se siga produciendo la transmisión y recepción de la señal, para ello se toma un valor de 3 dB (Recomendación ITU-G.984.2, 2003) que se resta de la potencia de transmisión otorgando holgura en el diseño.

- α_{in_niv1} = Pérdidas de inserción de splitters en el nivel 1
- α_{in_niv2} = Pérdidas de inserción de splitters en el nivel 2

Las pérdidas de estos dispositivos vienen dadas según los estándares de la ITU en donde se encuentran reflejados valores genéricos como en la ITU-T G.671. (Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), 2012), figura 13-4.

N	X	For normal reach				For extended reach			
		WR1		WR2		WR1		WR2	
		Min. IL (dB) (Note 10)	Max. IL (dB)	Min. IL (dB) (Note 10)	Max. IL (dB)	Min. IL (dB) (Note 10)	Max. IL (dB)	Min. IL (dB) (Note 10)	Max. IL (dB)
1	2	2.8	3.9	2.7	4.0	2.8	3.8	2.8	3.9
1	4	5.4	7.4	5.3	7.6	5.6	7.1	5.4	7.3
1	8	8.2	10.6	7.9	10.9	8.2	10.5	7.9	10.8
1	16	10.8	14.1	10.5	14.5	10.8	13.7	10.5	14.1
1	32	13.3	17.5	12.8	18.1	13.6	17.1	13.0	17.7
1	64	16.1	20.9	15.5	21.5	16.2	20.3	15.6	20.9
2	2	2.6	4.2	2.5	4.3	2.6	4.1	2.6	4.2
2	4	5.1	7.7	4.9	7.9	5.2	7.5	5.0	7.7
2	8	7.6	11.2	7.3	11.5	7.7	10.9	7.4	11.2
2	16	10.1	14.7	9.7	15.1	10.2	14.3	9.8	14.7
2	32	12.7	18.2	12.2	18.7	12.8	17.7	12.3	18.2
2	64	15.2	21.7	14.6	22.3	15.3	21.1	14.7	21.7

Figura 13-4. Pérdidas de inserción por splitters

Fuente: Recomendación ITU-T G.671. 2012

En donde:

- N: representa el número de entradas.
- X: número de salidas.
- WR1 y WR2: representan rangos de longitudes de onda.

WR1	1310 nm window	1360	1260	[IEC 61300-3-7]
	1550 nm window	1625	1480	
WR2	1310 nm window	1360	1260	[IEC 61300-3-7]
	1550 nm window	1660 (Note 11)	1480	

Figura 14-4. Ventanas de trabajo WR1 y WR2

Fuente: ITU-T Rec. G.671. 2012

De la figura 14-4 se toman datos para la tabla 6-4, valores de pérdidas por acoplamientos en alcance normal y en alcance extendido, el primer caso comprende hasta 20 Km y en el segundo caso hasta 40Km como se especifica en las recomendaciones G.984.6 y G.984.2 respectivamente. Por lo tanto:

Tabla 6-4. Atenuaciones por splitter

Relación	Pérdidas [dB]
1:2	3.9
1:4	7.4
1:8	10.6
1:16	14.1
1:32	17.5

Fuente: Recomendación ITU-T G.671 , 2012

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

4.1.7.1. Presupuesto de pérdida óptica

Comprende la diferencia entre la potencia de salida del transmisor y los requisitos de potencia de entrada del receptor. La atenuación máxima de la red no debe sobrepasar los 28 dB, debido a que obedece a los umbrales de sensibilidad de los equipos OLT y ONT. Para el proceso de la transmisión de la señal se incorporan diferentes elementos que forman la red y cada uno de ellos provoca la atenuación de la señal, dentro de estos se tiene los splitters, cuya atenuación depende de la división de la señal óptica, conectores mecánicos, fusiones y la fibra óptica. Para el cálculo del presupuesto óptico se utiliza los valores de atenuación definidos en la norma ITU-G.984.2, figura 15-4 y 16-4.

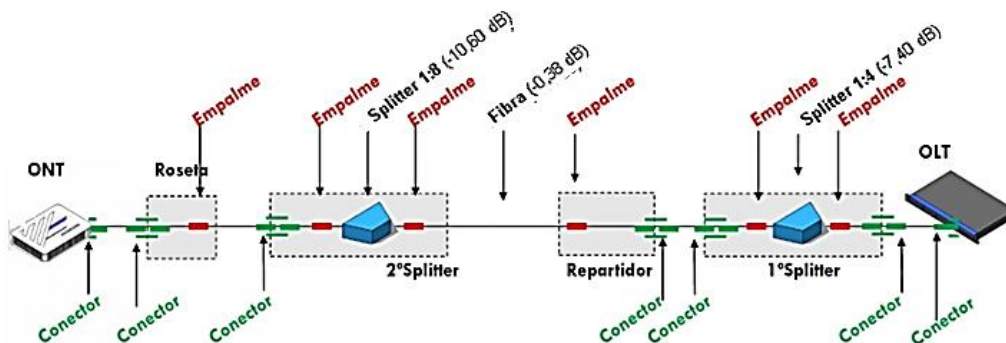


Figura 15-4. Presupuesto óptico zonas 1, 3, 4

Realizado por: Sani, J. 2017

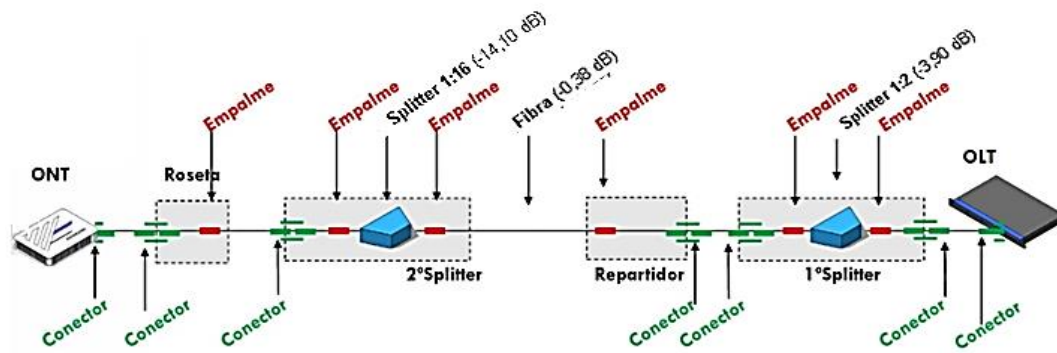


Figura 16-4. Presupuesto óptico zonas 2, 5

Realizado por: Sani, J. 2017

NAP más cercana

Se presenta el presupuesto de la NAP's más cercana por cada área en total se tiene el presupuesto de cinco de ellas, según la tabla 7-4.

NAP más distante

En este punto se presentan los datos de las NAP's más distantes por cada área, es decir que es este caso también se tendrá los datos de cinco NAP's según la tabla 8-4.

Tabla 7-4. Presupuesto óptico NAP's más cercanas

		ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5										
Elementos		Pérdida	Cantidad	Total Pérdida	Pérdida	Cantidad	Total Pérdida	Pérdida	Cantidad	Total Pérdida	Pérdida	Cantidad	Total Pérdida	Pérdida	Cantidad	Total Pérdida
Conectores ITU		0,50	6	3,00	0,50	6	3,00	0,50	6	3,00	0,50	6	3,00	0,50	6	3,00
Empalmes por fusión		0,10	6	0,60	0,10	6	0,60	0,10	6	0,60	0,10	6	0,60	0,10	6	0,60
Empalmes mecánicos		0,20	0	0,00	0,20	0	0,00	0,20	0	0,00	0,20	0	0,00	0,20	0	0,00
Splitters	1x2	3,90	0	0,00	3,90	0	0,00	3,90	0	0,00	3,90	0	0,00	3,90	0	0,00
	1x4	7,40	1	7,40	7,40	1	7,40	7,40	1	7,40	7,40	1	7,40	7,40	1	7,40
	1x8	10,60	1	10,60	10,60	1	10,60	10,60	1	10,60	10,60	1	10,60	10,60	1	10,60
	1x16	14,10	0	0,00	14,10	0	0,00	14,10	0	0,00	14,10	0	0,00	14,10	0	0,00
	1x32	17,50	0	0,00	17,50	0	0,00	17,50	0	0,00	17,50	0	0,00	17,50	0	0,00
	1x64	21,00	0	0,00	21,00	0	0,00	21,00	0	0,00	21,00	0	0,00	21,00	0	0,00
Fibra-Longitudes de onda	1310 nm	0,35	0,085	0,03	0,35	0,008	0,00	0,35	0,075	0,03	0,35	0,035	0,01	0,35	1,56	0,55
	1410 nm	0,30	0	0,00	0,30	0	0,00	0,30	0	0,00	0,30	0	0,00	0,30	0	0,00
	1550 nm	0,25	0	0,00	0,25	0	0,00	0,25	0	0,00	0,25	0	0,00	0,25	0	0,00
Margen de guarda	3	1	3,00	3	1	3,00	3	1	3,00	3	1	3,00	3	1	3,00	
Atenuación Total		24,63		24,6		24,63		24,61		25,15						

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Tabla 8-4. Presupuesto óptico NAP's más distantes

		ZONA 1			ZONA 2			ZONA 3			ZONA 4			ZONA 5			PROYECCIÓN		
Elementos		Pérdida	Cantidad	Total Pérdida	Pérdida	Cantidad	Total Pérdida	Pérdida	Cantidad	Total Pérdida	Pérdida	Cantidad	Total Pérdida	Pérdida	Cantidad	Total Pérdida	Pérdida	Cantidad	Total Pérdida
Conectores ITU		0,50	6	3,00	0,50	6	3,00	0,50	6	3,00	0,50	6	3,00	0,50	6	3,00	0,50	6	3,00
Empalmes por fusión		0,10	6	0,60	0,10	6	0,60	0,10	6	0,60	0,10	6	0,60	0,10	6	0,60	0,10	6	0,60
Empalmes mecánicos		0,20	0	0,00	0,20	0	0,00	0,20	0	0,00	0,20	0	0,00	0,20	0	0,00	0,20	0	0,00
Splitters	1x2	3,90	0	0,00	3,90	0	0,00	3,90	0	0,00	3,90	0	0,00	3,90	0	0,00	3,90	0	0,00
	1x4	7,40	1	7,40	7,40	1	7,40	7,40	1	7,40	7,40	1	7,40	7,40	1	7,40	7,40	1	7,40
	1x8	10,60	1	10,60	10,60	1	10,60	10,60	1	10,60	10,60	1	10,60	10,60	1	10,60	10,60	1	10,60
	1x16	14,10	0	0,00	14,10	0	0,00	14,10	0	0,00	14,10	0	0,00	14,10	0	0,00	14,10	0	0,00
	1x32	17,50	0	0,00	17,50	0	0,00	17,50	0	0,00	17,50	0	0,00	17,50	0	0,00	17,50	0	0,00
	1x64	21,00	0	0,00	21,00	0	0,00	21,00	0	0,00	21,00	0	0,00	21,00	0	0,00	21,00	0	0,00
Fibra-Longitudes de onda	1310 nm	0,35	0,21 Km	0,07	0,35	0,115 Km	0,04	0,35	0,19 Km	0,07	0,35	0,9 Km	0,32	0,35	1,855 Km	0,65	0,35	19.1 Km	6.69
	1410 nm	0,30	0	0,00	0,30	0	0,00	0,30	0	0,00	0,30	0	0,00	0,30	0	0,00	0,30	0	0,00
	1550 nm	0,25	0	0,00	0,25	0	0,00	0,25	0	0,00	0,25	0	0,00	0,25	0	0,00	0,25	0	0,00
Margen de guarda	3	1	3,00	3	1	3,00	3	1	3,00	3	1	3,00	3	1	3,00	3	1	3	
Atenuación Total		24,67		24,64		24,67		24,92		25,25		31,29							

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

4.1.7.2. Cálculo del balance de potencias

El balance de potencias permite determinar si mediante las potencias de transmisión y recepción mínimos y máximos de los equipos se va a conseguir que la señal se recepte sin sobrecargar a los equipos (Recomendación ITU-G.984.2, 2003)

Para el cálculo del balance óptico se tendrá que cumplir con la siguiente inecuación:

$$Prx \leq Ptx - \alpha \text{ Total} \quad (12)$$

Donde,

- **Prx:** Potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo.
- **Ptx:** Potencia máxima del transmisor óptico.
- **α Total:** Valor total de pérdidas.

NAP más cercana

$$\begin{aligned} Prx &\leq Ptx - \alpha \text{ Total} \\ -28 \text{ dBm} &\leq 8 \text{ dBm} - 24,67 \text{ dBm} \\ -28 \text{ dBm} &\leq -16.67 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Para la Nap más cercana se cumple el balance óptico en donde la sensibilidad mínima del receptor (28 dB) debe ser mayor a la potencia de transmisión restada las pérdidas totales en el enlace según la ITU-G.984.2.

NAP más distante

$$\begin{aligned} Prx &\leq Ptx - \alpha \text{ Total} \\ -28 \text{ dBm} &\leq 8 \text{ dBm} - 25.25 \text{ dBm} \\ -28 \text{ dBm} &\leq -17.25 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Para la Nap más distante la potencia de transmisión menos las pérdidas generadas en el enlace es 17.25 dB y corresponde a un valor inferior a la sensibilidad mínima por lo tanto se cumple con el balance óptico.

NAP proyección parroquia más lejana

$$\begin{aligned} Prx &\leq Ptx - \alpha \text{ Total} \\ -28 \text{ dBm} &\leq 8 \text{ dBm} - 31.29 \text{ dBm} \\ -28 \text{ dBm} &\leq -23.29 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Se realiza el análisis de un enlace proyectado al punto más distante del cantón en donde el balance se cumple a una distancia de 19.1 km.

4.2. Diseño Físico

En esta sección se expone un diagrama en la figura 17-4 con los equipos, elementos activos y pasivos que se requieren en la red local propuesta para el sector urbano de Pelileo para una posterior identificación de las características de los mismos.

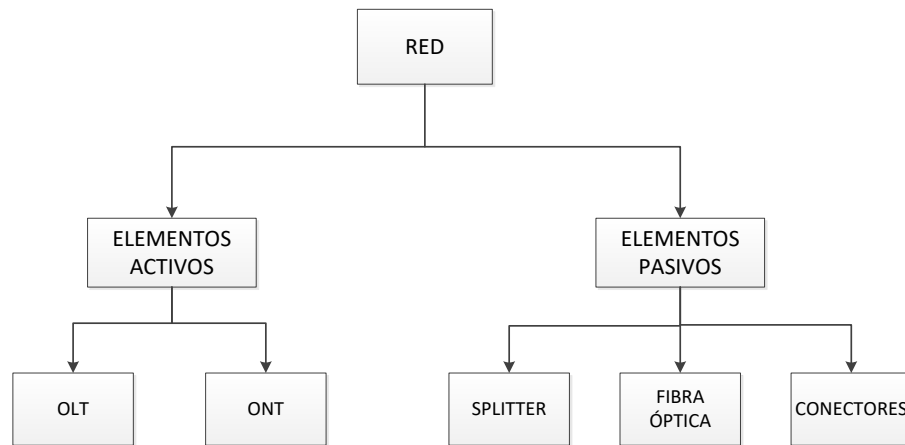


Figura 17-4. Diagrama de elementos activos y pasivos

Realizado por: Sani, J. 2017

En la figura 18-4 se muestra mediante color morado las zonas con la respectiva demanda para el diseño de la red óptica.

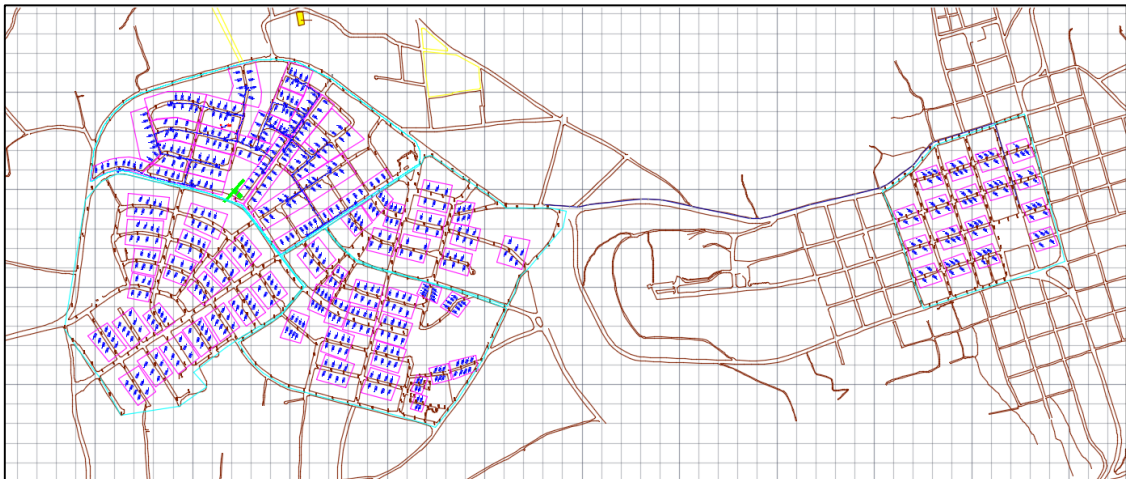


Figura 18-4. Red óptica propuesta

Realizado por: Sani, J. 2017

En la figura 19-4 se presenta el diagrama de bloques con el cual se realizó el análisis de los elementos y equipos para la secuencia de transmisión.

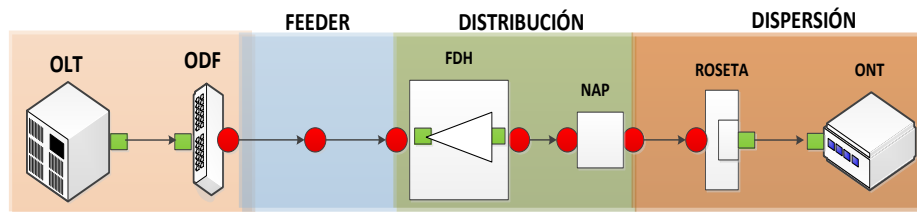


Figura 19-4. Diagrama de bloques de la red

Realizado por: Sani, J. 2017

4.2.1. Criterio para selección de elementos activos y pasivos de la red

4.2.1.1. Elementos Activos

Estos elementos se encuentran únicamente en los extremos de la red, es decir en la oficina central y en el usuario final, este último corresponde a la red de dispersión.

a) OLT



Este elemento al ser el principal por las funciones que desempeña dentro de la red se lo analizó con mayor minuciosidad para determinar el adecuado, acordes a los valores que se especifican en la ITU-T G.984.2 además de los siguientes requerimientos:

- Capacidad de remover tarjetas, adecuada ventilación y fuentes de poder redundantes, esto debido a que debe encontrarse operativo siempre.
- Los niveles de potencia de transmisión y sensibilidad de recepción deben ser acordes a la clase B+.
- Cantidad de puertos adecuados con la demanda actual y la proyección de crecimiento que tendrá la red.
- Poseer interfaces tanto para la administración como para el control adicional a las interfaces de uplink.
- Soporte de protocolos para el control, seguridad, calidad de servicio, encapsulamiento entre otros.

Con estas características se encontraron dos equipos en el mercado los cuales se comparan en la tabla 9-4:

Tabla 9-4. Comparativo características OLT

Características	OLT	
Equipo	Huawei SmartAX MA5600T	Alcatel Lucent 7342 ISAM FTTU - P -OLT

Tasas de transmisión	Downstream: 2,488 Gbps Upstream: 1,244 Gbps	Downstream: 2,488 Gbps Upstream: 1,244 Gbps
Longitud de onda	Downstream: 1490 nm Upstream: using 1310 nm RF video: 1550 nm	Downstream: 1490 nm Upstream: using 1310 nm RF video: 1550 nm
Velocidad de Blackplane	3,2 Tbps	500 Gbps
Clase	B+ ó C+	B+ ó C+
Método de encapsulamiento	GEM	GEM
Total de abonados	16000	3584
Relación de división	1:128	1:64
N. puertos GPON por tarjeta	8 módulos SPF	4
Dimensiones axpxl	438mm×282mm×621mm	438mm×282mm×621mm
Precio en dólares	32500	46200
Imágenes		

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Se escoge el equipo OLT SmartAX MA5600T de la Marca Huawei, debido a la cantidad de puertos que ofrece y se encuentran disponibles en un mismo chasis, al utilizar todas las tarjetas se llega a conseguir 126 puertos permitiendo tener una red escalable con proyección. Además presenta ventajas en relación a respaldos en caso de situaciones fortuitas por problemas eléctricos

y son relativamente más económicos. Huawei es la marca que actualmente utiliza la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP.

El otro equipo que figura como opcional es el Alcatel Lucent 7342 ISAM FTTU -P-OLT, brinda las mismas tasas de transmisión que el equipo de Huawei pero ofrece menor velocidad de blackplane, puertos, por ende menor cantidad de abonados a satisfacer y con precio superior.

b) ONT

Es el equipo terminal o el que se encuentra donde el usuario, se los escogió en base a las especificaciones de la ITU-T G.984.2 se realiza una comparación en la tabla 10-4 en base a las siguientes características:

- Fácil manejo, instalación y no ocupe demasiado espacio.
- Especificaciones de sensibilidad y transmisión acordes a la Clase B+.
- Interfaces adecuadas para los servicios a ofrecer como son puertos GPON para el flujo de bajada y subida, Puertos Ethernet para la conexión de equipos como pc, televisores entre otros, Puertos Post para conexión de terminales analógicos, Puerto coaxial para la recepción del servicio de televisión.
- Debe soportar seguridad y calidad de servicio.

Tabla 10-4. Comparativo características ONT

Características	Huawei HG8242 GPON Terminal	Alcatel – Lucent I-221E-A INDOOR-ONT
Tasas de transmisión	Downstream: 2,488 Gbps Upstream: 1,244 Gbps	Downstream: 2,488 Gbps Upstream: 1,244 Gbps
Longitud de onda	Downstream: 1490 nm Upstream: using 1310 nm RF video: 1550 nm	Downstream: 1490 nm Upstream: using 1310 nm RF video: 1550 nm
Puerto GPON	1 Puerto SC/APC	1 Puerto SC/APC
Puertos de Servicios	2 Puertos RJ11 2 Puertos RJ45 1 Puerto coaxial	2 Puertos RJ11 4 Puertos RJ45 1 Puerto CATV
Clase	B+	B+
Relación de división	1 a 64	1 a 64
Precio	110	230



Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

ONT Huawei HG8242 este equipo cumple con todas las características requeridas y tiene las ventajas de economía y compatibilidad con el OLT al ser de la misma marca.

Alcatel – Lucent I-221E-A INDOOR-ONT tiene características similares al equipo Huawei pero tiene la desventaja de incompatibilidad y precio superior a su similar.

4.2.1.2. Elementos Pasivos

Son los elementos que no cuentan con una fuente de energía, circuitos eléctricos, electrónicos para su funcionamiento, solo requieren de equipos activos en sus extremos.

a) **Fibra Óptica**

Este elemento debe tener características diferentes por las condiciones a las que se encuentra expuesta en los dos tramos: la red distribución y la red de dispersión. Las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones para las fibras se encuentran en la sección ITU-T G.65X de las cuales se ha extraído las partes de interés para el manejo de la fibra óptica.

Red de distribución

La UIT-T G.652 e UIT-T G.655 especifican las características de fibras monomodo que deben tener los medios de transmisión, por lo que se analiza el tipo de fibra requerida desde la oficina central hasta la caja de distribución. Para este punto se deben tomar en cuenta diferentes aspectos debido a que la fibra se extenderá de forma subterránea:

- Por lo cual debe tener un blindaje apropiado

- Cumplir medidas de seguridad expuestas en los estándares UL (Underwriters Laboratory), NEC (National Electric Code) y MSHA (Mining, Safety & Health Administration).

Las fibras que cumplen con las características que se requieren son las G.652 y G.655 para ello se realiza el análisis de los parámetros de la fibra.

$$AB = 0.5/\tau \quad (13)$$

Dónde:

- AB= Ancho de banda [Hz]
- τ = Dispersión cromática[s]

$$\tau = D * L * A \quad (14)$$

Dónde:

- D: Coeficiente de dispersión [$\frac{ps}{km*nm}$]
- L: Longitud de la fibra óptica [Km]
- A: Ancho espectral de la fuente [nm]

En la tabla 11-4 se muestra la comparación de los dos tipos de fibras.

Tabla 11-4. Parámetros fibra G.655 y G.652

Características	G.655	G.652
Coeficiente de dispersión	8	17
Longitud	20	20
Ancho espectral de la fuente	0.2	0.2
Dispersión cromática	32[ps]	0,068[ns]
Ancho de banda	15,625 x 10 ⁹	7,352 x 10 ⁹

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Según los cálculos realizados en los dos tipos de fibras se tiene un ancho de banda óptimo y tomando como ventaja que las distancias de despliegue de la fibra en el sector no sobrepasan de los 2 Km por ende el ancho de banda será superior.

En lo que compete al trabajo en las diferentes ventanas de este tipo de fibras se tiene el inconveniente que en la fibra G.655 se trabaja en la tercera ventana por la optimización de la misma para la transmisión a grandes distancias y volúmenes de información, cuando lo requerido en GPON es el trabajo en la segunda ventana para el tráfico en Upstream. Por lo tanto se utilizará

la fibra G.652. La categoría a usar es la G.652.D ya que es una versión mejorada de G.652 y no requiere el uso de compensadores de dispersión.

Red de Dispersión

El tipo de fibra que se utiliza en este tramo debe tener distintas exigencias para una calidad de funcionamiento óptimo. Las diferencias en comparación con su uso en la red de transporte general obedecen principalmente a la alta densidad de distribución y cables de derivación en la red de acceso, las especificaciones para este tramo se encuentran en la recomendación UIT-T G.657 por ello se utiliza la fibra G.657.A.

Esta fibra muestra las características requeridas para un espacio limitado y para las numerosas manipulaciones, presenta ser un medio de transmisión flexible lo que hace más fácil el manejo e instalación tanto en la parte interior como exterior, se las analiza en la tabla 12-4 comparando las marcas Corning Plus, Furukawa.

Tabla 12-4. Comparativo de fibras para red de dispersión

Estándar	Marca	Número de hilos
G.652D	Corning Plus (G.652.D)	48 hilos
	Furukawa Fibra G.652 D	
	SIEMON FO Ducto G.652D	
	Corning Plus (G.652.D)	24 hilos
	Furukawa Fibra G.652 D	
	Corning Plus (G.652.D)	6 hilos
Furukawa Fibra G.652 D		
SIEMON FO Ducto G.652D		
G.657 A	Corning Plus (G.652.D)	2 hilos
	Furukawa Fibra G.652 D	

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

b) Splitters

Entre los aspectos que se debe tomar en cuenta para la selección de estos dispositivos están:

- Deben estar acorde a la Clase B+, según tabla 3-2, tabla 4-2 y tabla 5-2.
- División que permita una adecuada distribución en las zonas.

- Splitters que no añadan pérdidas por conectores sino únicamente por fusiones es decir se usarán los splitters no conectorizados.
- Splitters simétricos para que las pérdidas producidas sean estables.
- Splitters con una tecnología que permita una mayor uniformidad de luz y eso se consigue con los splitters PLC.

Los splitters en las marcas Corning Plus y Furukawa tienen similares características como se muestra en la tabla 13-4, pero se escoge la primera debido a que son más económicos y son más fáciles de adquirir en el mercado

Tabla 13-4. Comparativo de splitters

CARACTERÍSTICAS			
Relación 1:4	Marca	Corning Plus	Furukawa
		1x4 PLC, operation wavelength 1260-1650nm)	35500119 splitter óptico PLC 2X4 G.657A NC/NC 2M/2M
		División de potencia	Simétrico
	Conectorizado	No	No
Relación 1:8	Marca	Corning Plus	Furukawa
		1x8 PLC, operation wavelength 1260-1650nm)	35500099 splitter óptico PLC 1X8 G.657A NC/NC 2M/2M
		División de potencia	Simétrico
	Conectorizado	No	No

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

4.2.2. *Tendido de Fibra Óptica*

Para el despliegue de la red se trabaja con el tendido aéreo debido a que permite utilizar los postes que ya se encuentran desplegados, además:

- La ventaja de esta opción es que el mantenimiento y la instalación resultan más convenientes.
- Debido a que el despliegue de la red no es muy extensa (2 Km).

4.3. Estrategia para la obtención de la concesión

4.3.1. *Proceso de concesión de permisos de operación*

Según la Constitución del Ecuador las Telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico son considerados un sector estratégico, en los cuales el estado tiene competencia exclusiva (Constitución del Ecuador, 2008), como se mencionó en puntos anteriores siendo la ARCOTEL el organismo encargado del control de las mismas.

Para el tipo de servicio que se requiere brindar se debe solicitar en la ARCOTEL un título habilitante, que para brindar es la provisión del acceso a la red mundial Internet, por medio de plataformas y redes de acceso implementadas para tal fin (ARCOTEL, 2016).

Requisitos:

Se citan textualmente los requisitos necesarios para la concesión extraído del reglamento para la prestación de servicios portadores (CONATEL, 2001).

- a) Identificación y generales de ley del solicitante sea una persona jurídica presentara la escritura de constitución y nombramiento del representante legal;
- b) Descripción del servicio propuesto;
- c) Proyecto técnico que describa la topología de la red, sus elementos, equipos, su localización geográfica y la demostración de su capacidad;
- d) Plan mínimo de inversiones;
- e) La identificación de los recursos del espectro radioeléctrico que sean necesarios;
- f) Determinación de los puntos de interconexión que sean requeridos;
- g) Informe de la Arcotel respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas incluida la información de imposición de sanciones en caso de haberlas; y,

Los requerimientos de los puntos b, c y f se encuentran en la presente propuesta, el punto e no es aplicable y los puntos restantes son de carácter administrativo y se deberán aclarar de acuerdo a los contratantes de existir el ánimo de construir la red planteada.

4.3.2. Trámites legales

En el Ecuador se pueden crear distintos tipos de compañía ⁵estas son:

- La compañía en nombre colectivo
- La compañía en comandita simple y dividida por acciones
- La compañía de responsabilidad limitada;
- La compañía anónima
- La compañía de economía mixta.

⁵ <http://www.supercias.gob.ec/portalscv/>

Estas son consideradas como personas jurídicas. El tipo de compañía que se constituya dependerá de la proyección que tenga el o los inversionistas.

Para iniciar el proceso de constitución de la compañía se debe contar con el RUC el mismo que se solicita en el SRI, posterior se realiza el proceso vía electrónica, al concluir se genera un documento para la Notaría en la que el solicitante requiera y también se genera el documento para el Registro Mercantil

4.3.3. Obligaciones básicas del concesionario

Es deber del concesionario de servicios portadores cumplir con ciertos parámetros exigidos por los órganos reguladores y fiscalizadores de telecomunicaciones del Ecuador, caso contrario la concesión no será entregada o el contrato podría ser terminado unilateralmente por lo que es importante considerarlos en este estudio.

Es importante considerar que esta red, una vez instalada, se considerara una red pública de telecomunicaciones, los prestadores del servicio portador estará en la obligación de interconectar sus redes la cuales serán consideradas como públicas, la interconexión y conexión se permitirá en condiciones en igualdad de condiciones, no discriminación, neutralidad y de libre y leal competencia con prestadores de servicios de reventa, servicios de valor agregado y redes privadas que lo soliciten a cambio de la debida retribución; el prestador está obligado a determinar los puntos de interconexión de sus redes, esta implicara el intercambio de tráfico entre los operadores interconectados, se deberá contar con los mecanismos necesarios para la medición del tráfico cursado, en el presente estudio se puede realizar esta medición con la OLT, por lo que cumple con este requisito necesario para la liquidación de los cargos por el tráfico cursado. Así mismo se deberá entregar mensualmente a la superintendencia de telecomunicaciones la información del tráfico con fines de control y certificación de la operación de los servicios portadores concesionados, esta información tendrá el carácter de confidencial (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015).

Los prestadores deberán disponer de los medios técnicos necesarios que garanticen el secreto del contenido de las telecomunicaciones y se debe tener en cuenta que el plazo máximo de inicio de operaciones de los servicios será de 360 días a partir del día siguiente al del otorgamiento de los títulos habilitantes. Se deberá instalar equipos que garanticen los parámetros mínimos de calidad que consten en el contrato de concesión y continuidad del servicio, de acuerdo a la naturaleza de concesión. Las redes de telecomunicaciones de los prestadores de servicios portadores tendrán una arquitectura abierta. Es importante también resaltar que la prestación de servicios sin el título habilitante correspondiente acarreará la sanción establecida por la legislación vigente.

4.4. Simulación

Para el proceso de simulación como se menciona en la propuesta se trabajará con el software Optisystem creado por la empresa Optiwave la versión gratuita de treinta días 15.0. OptiSystem se presenta como una herramienta que contribuye al diseño de enlaces de transmisiones ópticas, los resultados obtenidos tienen un gran porcentaje de aproximación a los resultados reales, esto permite realizar pruebas, análisis de calidad, detección de errores, experimentar con nuevas configuraciones a nuevas distancias, nuevas distribuciones e implementación de nuevos dispositivos (Ordoñez, 2015).

4.4.1. Diagrama de flujo de la Red

En este punto se presenta la secuencia o proceso utilizado para la simulación de la red óptica, figura 20-4.

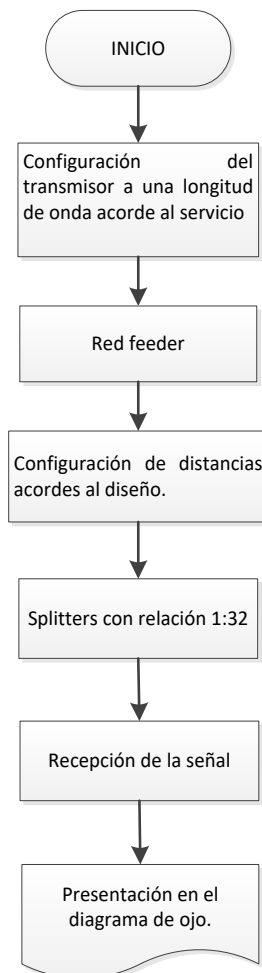


Figura 20-4. Proceso de Simulación

Realizado por: Sani, J. 2017

4.4.2. Ambiente de simulación

En la figura 21-4 se muestra la hoja de trabajo y en la 22-4 la librería de componentes en el software OptiSystem 15.0.

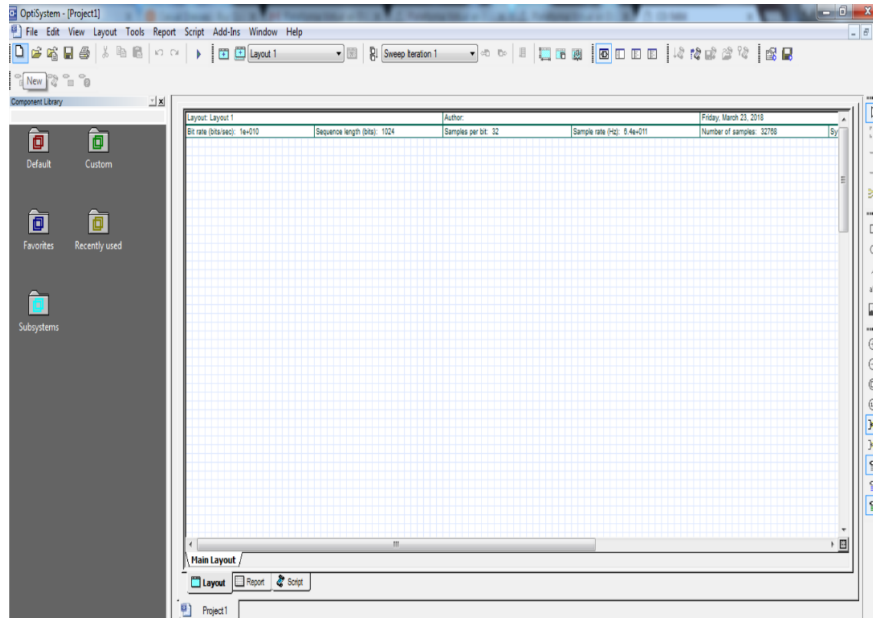


Figura 21-4. Entorno GUI Optisystem

Realizado por: Sani, J. 2017

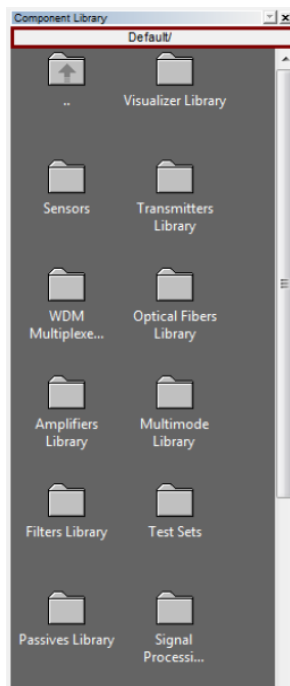


Figura 22-4. Librería de componentes

Realizado por: Sani, J. 2017

Esquema diseñado en el software para el proceso de simulación, figura 23-4.

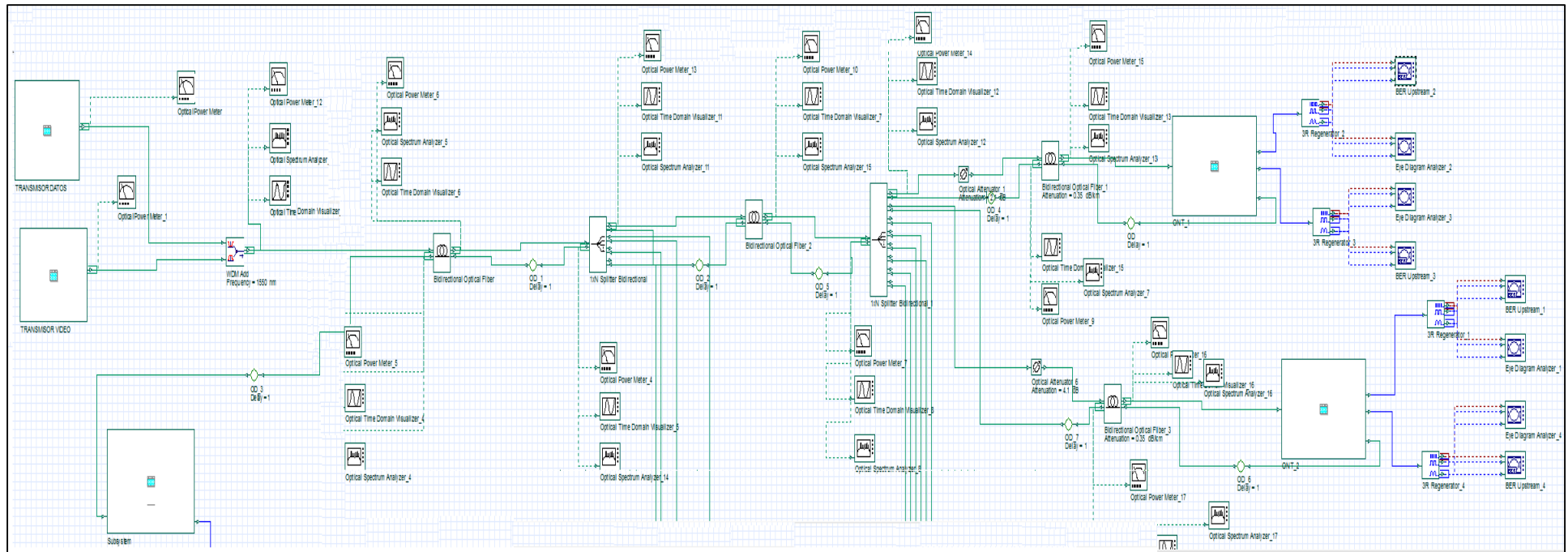


Figura 23-4. Entorno de simulación para una ONT

Realizado por: Sani, J. 2017

4.4.3. Detalles del ambiente de simulación

En las normas G.984.1 & G.984.2 se definen los valores de longitud de onda del flujo de bajada (Downstream) y longitud de onda del flujo de subida (Upstream).

a) Longitud de onda de trabajo

Sentido descendente

El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido descendente en los sistemas de una sola fibra será 1480-1500 nm.

Sentido ascendente

El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido ascendente será 1260-1360 nm.

b) Método de transmisión

La transmisión bidireccional utiliza la técnica de multiplexación por división de longitud de onda (WDM, wavelength division multiplexing) en una sola fibra.

c) Código de línea

Tanto en sentido ascendente como descendente: codificación sin retorno a cero (NRZ, non return to zero).

d) Potencias de transmisión OLT y ONT

Tabla 14-4. Potencias OLT y ONT

Características	OLT [dBm]	ONT [dBm]
Potencia media inyectada MÁX del transmisor	+ 12	- 2
Potencia media inyectada MÍN del transmisor	+ 8	- 7
Sensibilidad mínima del receptor	- 23	-28
Sobrecarga mínima del receptor	- 3	- 7

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2003

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

En el transmisor se configura una longitud de onda de 1490 nm para el sentido downstream y en el sentido upstream con 1310 nm y con la distancia de la NAP más distante a la OLT.

Para el proceso de splitteo se utiliza un bloque con las respectivas 32 salidas debido a la división con la cual se está trabajando 1:32, con la respectiva pérdida por inserción.

El bloque de la ONT/ONU corresponde a la simulación del proceso que realiza la señal en el usuario final, en esta etapa se encuentran elementos que permiten captar la señal óptica y

transformarla a eléctrica, además de elementos que permiten visualizar el BER y el diagrama del ojo.

4.4.4. Bloques de simulación

a) Bloque OLT

La OLT está formado por dos subsistemas para la transmisión, uno que comprende para datos/voz y el otro para video en sentido descendente es decir hacia las ONT's, y un subsistema para la recepción en sentido ascendente, figura 24-4

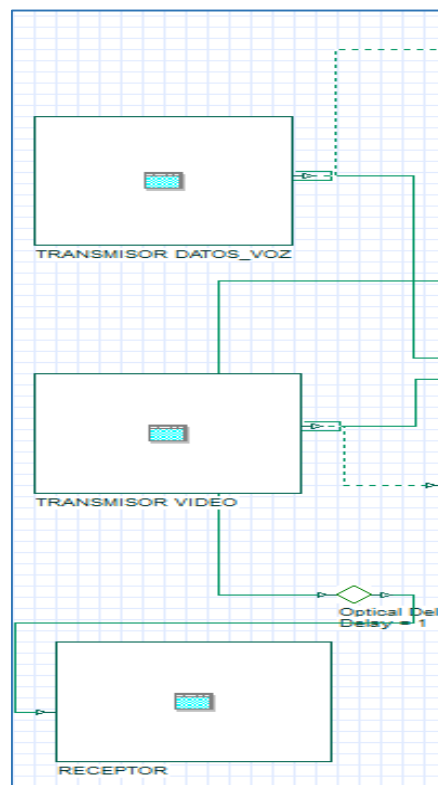


Figura 24-4. Elementos OLT

Realizado por: Sani, J. 2017

Para la transmisión se trabajó con diodos encargados de la emisión de señales ópticas en una longitud de onda de 1490nm para simular el envío de datos y voz mientras que para las señales de televisión se trabaja con una longitud de 1550nm, cada transmisor se lo configuró con los respectivos parámetros de potencia y modulación NRZ. Además se incorporan elementos que permiten visualizar el comportamiento de la señal, como son el analizar de espectros el osciloscopio, figura 25-4.

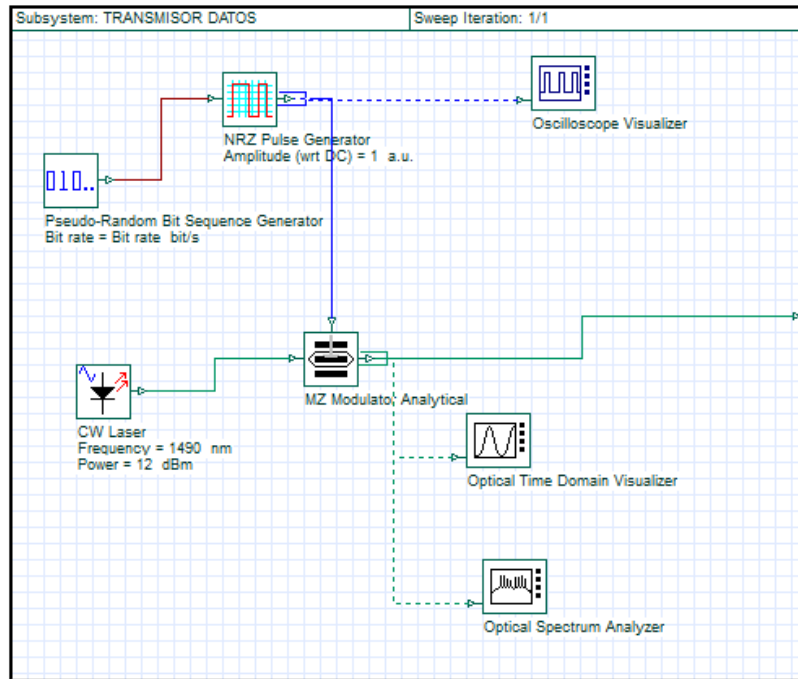


Figura 25-4. Bloque transmisor de voz/datos

Realizado por: Sani, J. 2017

b) Bloque red

Comprende los hilos de fibra como se ve en la figura 26-4 según el estándar ITU-T G652, se encuentran presentes en todas las etapas, llegando a las ONT`s posterior a los procesos de splitteo, según el diseño tiene se cuenta con dos etapas de splitters, el bloque de red se lo configura con la distancia correspondiente según la etapa en la que se encuentre.

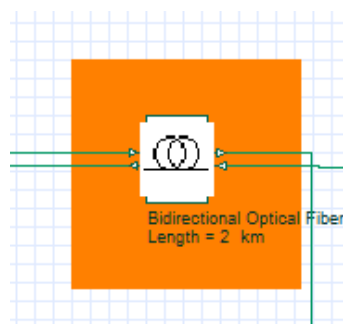


Figura 26-4. Bloque de red

Realizado por: Sani, J. 2017

c) **Red de Distribución**

Este bloque está formado por los elementos que se encuentran a partir del primer nivel de splitters hasta el segundo nivel de splitters; para las zonas 1, 3, 4 se tiene una relación de 1:4 en el primer nivel y en el segundo nivel una relación 1:8; en el caso de las zonas 2 y 5 se tiene la primera relación 1:2 y la segunda 1:16. Se configura en el simulador cada uno de los elementos que hacen la función de splitters con la respectiva pérdida de inserción, figura 27-4.

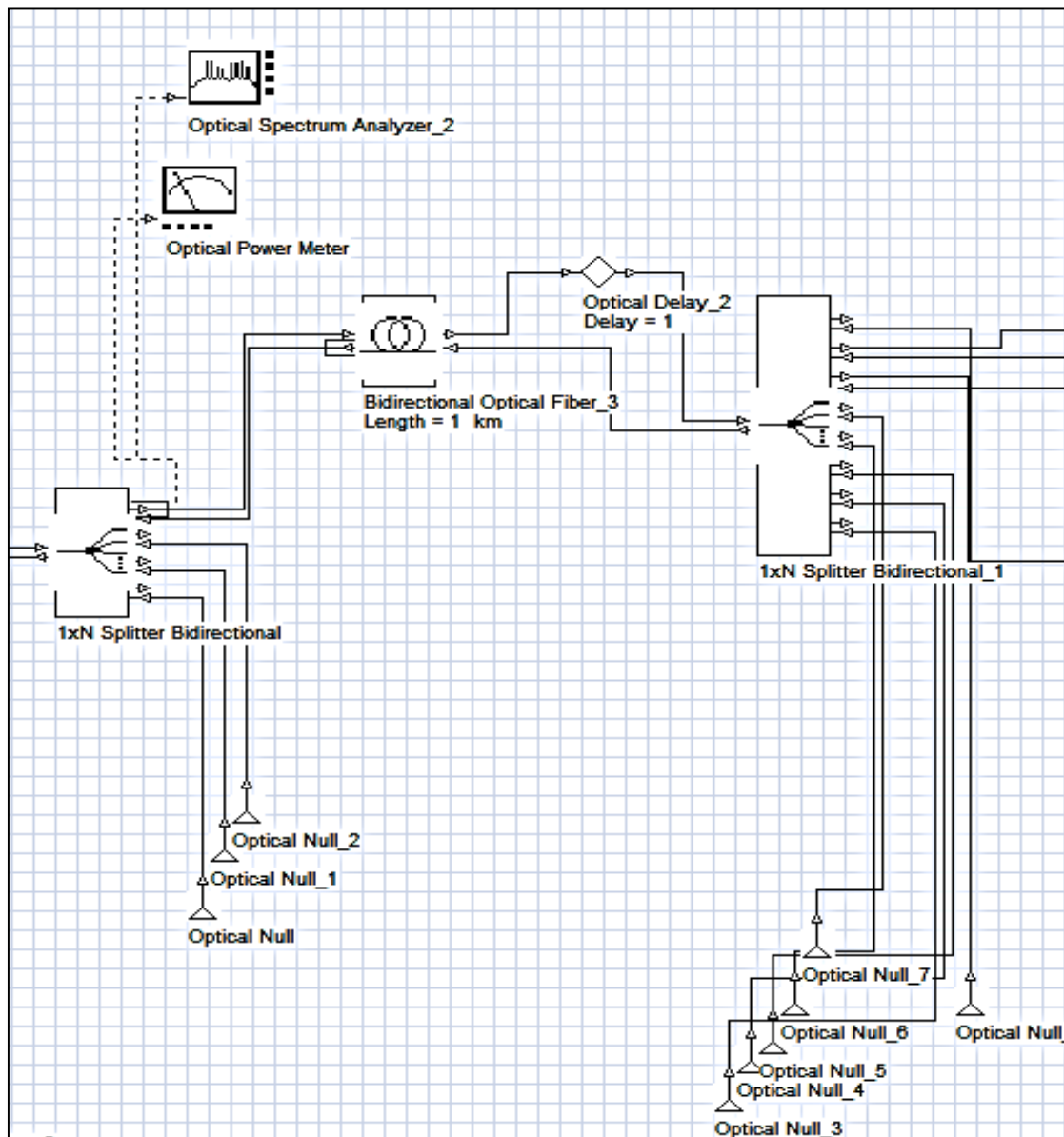


Figura 27-4. Bloque red de distribución

Realizado por: Sani, J. 2017

d) Bloque ONT

En este bloque se ubican subsistemas mediante elementos que hacen la función del equipo ONT es decir de receptor de la señal, es así que se trabaja con leds fotodetectores para captar la señal óptica, posterior se pasa a un filtro pasa banda y posterior visualizarla en un analizador de diagrama del ojo. En esta etapa también se encuentra el subsistema transmisor para la comunicación de la ONT hacia la OLT mediante la longitud de onda para el sentido ascendente, figura 28-4.

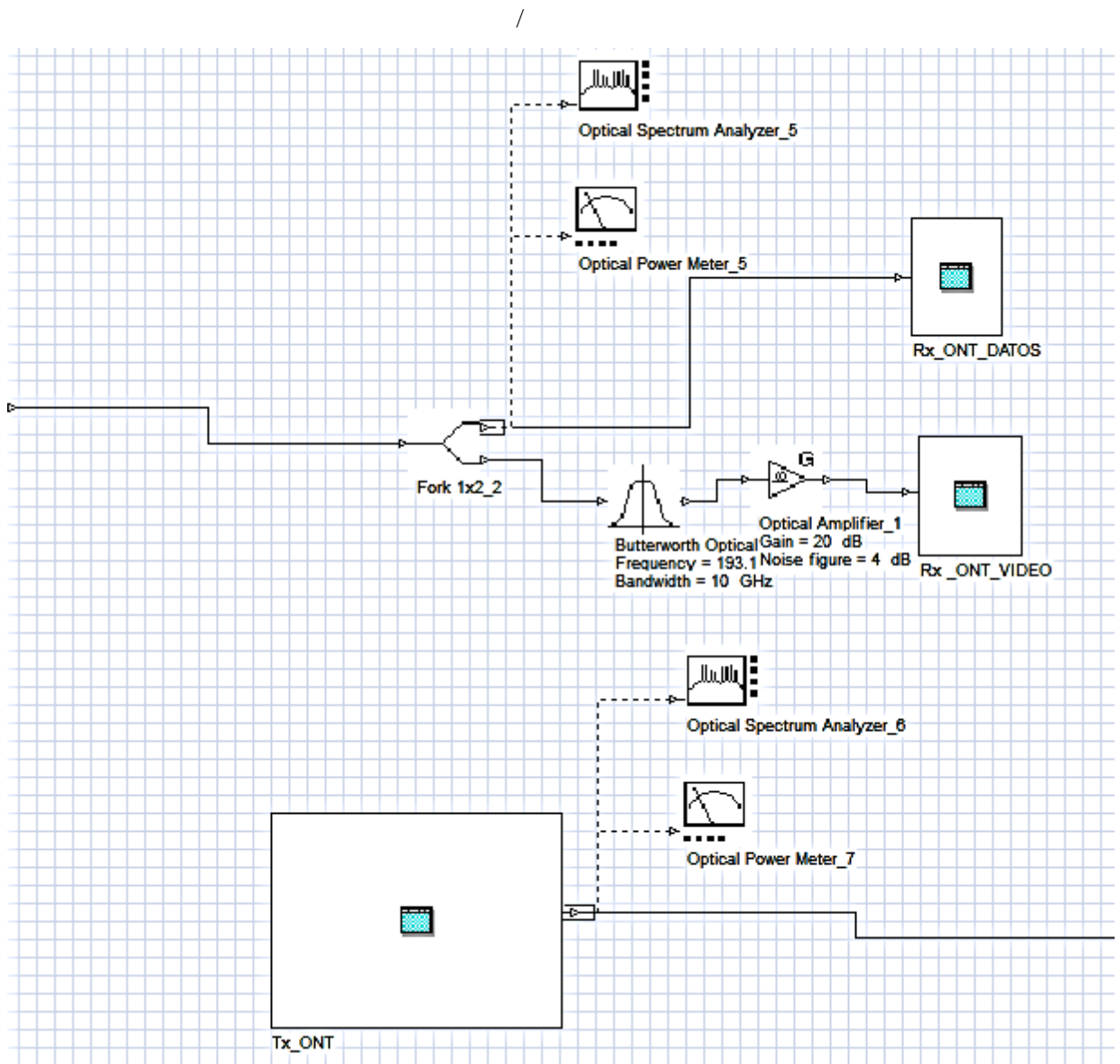


Figura 28-4. Bloque ONT

Realizado por: Sani, J. 2017

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

Mediante optisystem se determina el rendimiento de una red FTTH se evalúa los parámetros de factor Q, BER y la atenuación para determinar si se encuentran dentro de lo especificado en la Recomendación ITU-G.984.2, el valor límite mínimo es 6 para el factor Q, para el BER debe ser menor o igual a 1×10^{-9} y para la atenuación inferior de -28 dB.

5.1. Ambiente simulado

- **Ambiente Transmisión**

- a) **Transmisión de Voz/Datos**

El bloque OLT genera una secuencia de bits pseudo-aleatoria, misma que es codificada con un codificador NRZ (Recomendación ITU-G.984.2, 2003), posteriormente esta secuencia pasa a un interferómetro haciendo que la portadora óptica de longitud de onda de 1490 nm, pueda transportar los datos, según la figura 1-5, donde la portadora óptica toma la forma de la señal eléctrica inicial la cual se visualiza el espectro óptico.

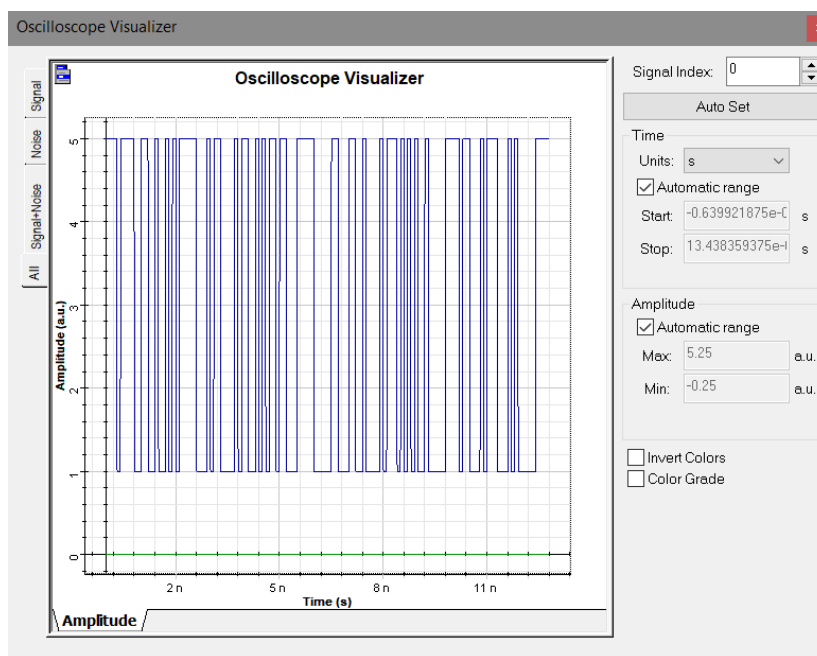


Figura 1-5. Señal eléctrica inicial

Realizado por: Sani, J. 2017

Mediante la herramienta analizador de espectros se visualiza la señal generada para la señal de datos/voz en donde la longitud de onda se encuentra en 1,490 μm o lo que equivale a 1490 nm, figura 2-5.

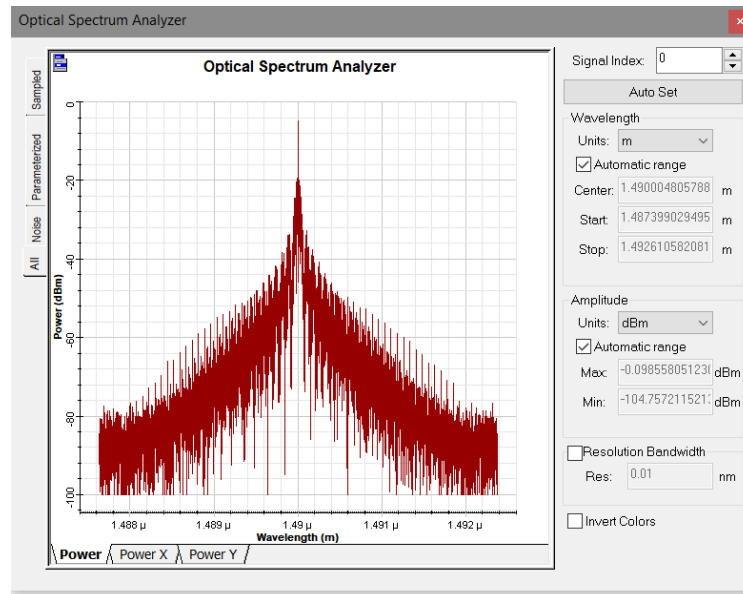


Figura 2-5. Espectro de la señal de datos

Realizado por: Sani, J. 2017

b) Transmisión de Video

La OLT cuenta con un transmisor de video, el mismo que envía una señal pseudo-aleatoria modulada a símbolos de 4 bits, mediante 16-QAM. El espectro de la señal óptica se muestra en la figura 3-5.

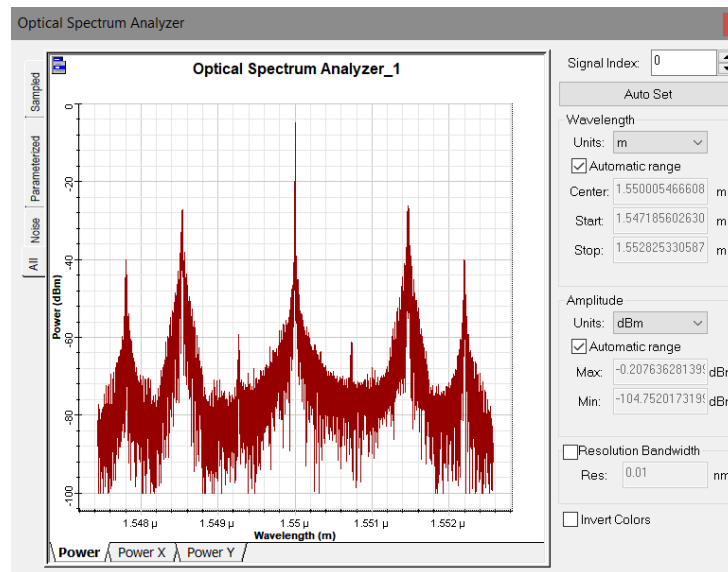


Figura 3-5. Espectro de la señal de video

Realizado por: Sani, J. 2017

La figura 4-5 presenta la señal óptica de la señal de video generada y modulada mediante 16 QAM, la cual cuenta con una potencia entre 0-3mW.

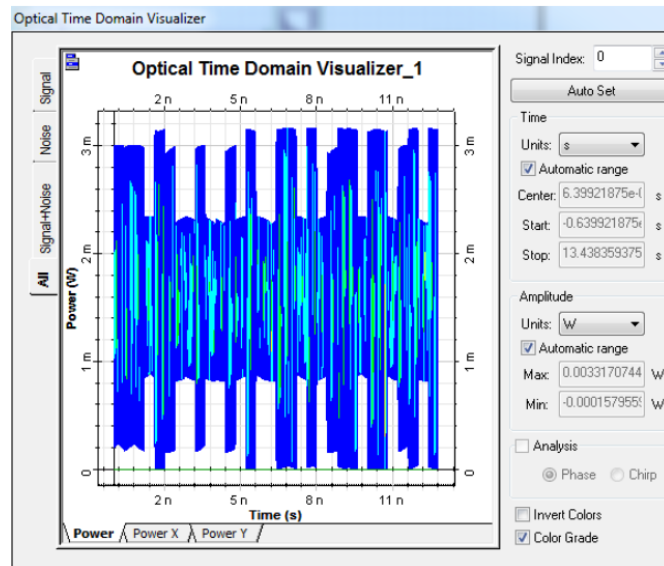


Figura 4-5. Señal óptica 16 QAM

Realizado por: Sani, J. 2017

Para la transmisión en sentido downstream se debe adecuar las señales, para ello se utiliza el elemento WDM Add, el cual recibe las dos señales, las suma y envía por mismo medio pero cada una en la longitud de onda que le corresponde como se visualiza en la figura 5-5 donde se muestra el espectro de la señal sumada.

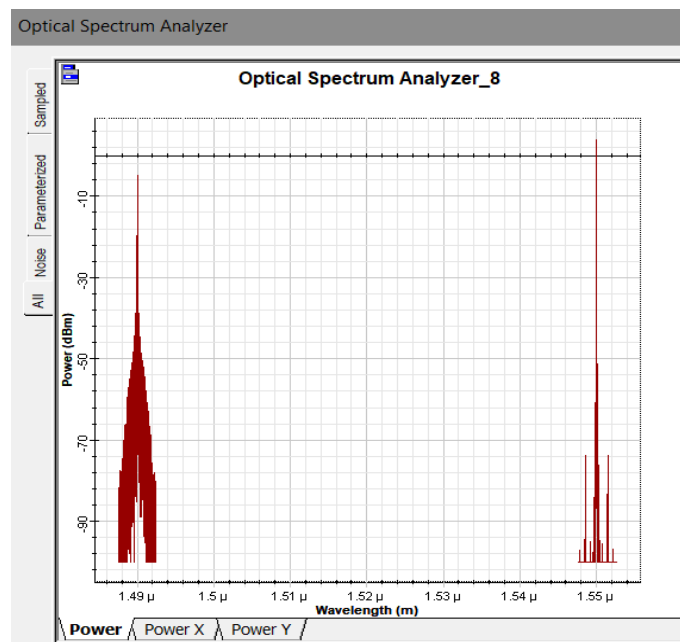


Figura 5-5. Espectro de la señal óptica resultante

Realizado por: Sani, J. 2017

- **Ambiente Recepción**

En este ambiente se encuentran los receptores de la señal, la cual posterior a la recepción se muestra en el analizador de diagrama del ojo con los respectivos parámetros.

a) **Factor Q y BER**

Para el análisis de los resultados obtenidos al transmitir la señal y recibirla en la ONT se toma en cuenta los valores estipulados en la norma ITU-G.984.2 el Factor Q debe ser igual o mayor a 6 y un BER igual o menor a 1×10^{-10} , esto implica que se genera un bit errado de 10 000 millones de bits transmitidos, estas señales se presentan con el apoyo del diagrama del ojo el cual permite observar la señal transmitida por el enlace combinando los parámetros antes mencionados.

Para el usuario más cercano como es la ZON1_ARM1_NAP1_ENL1 se tiene que el BER igual a 1.344×10^{-32} , valor que se encuentra dentro de los parámetros que establece la ITU-G.984.2, figura 6-5.

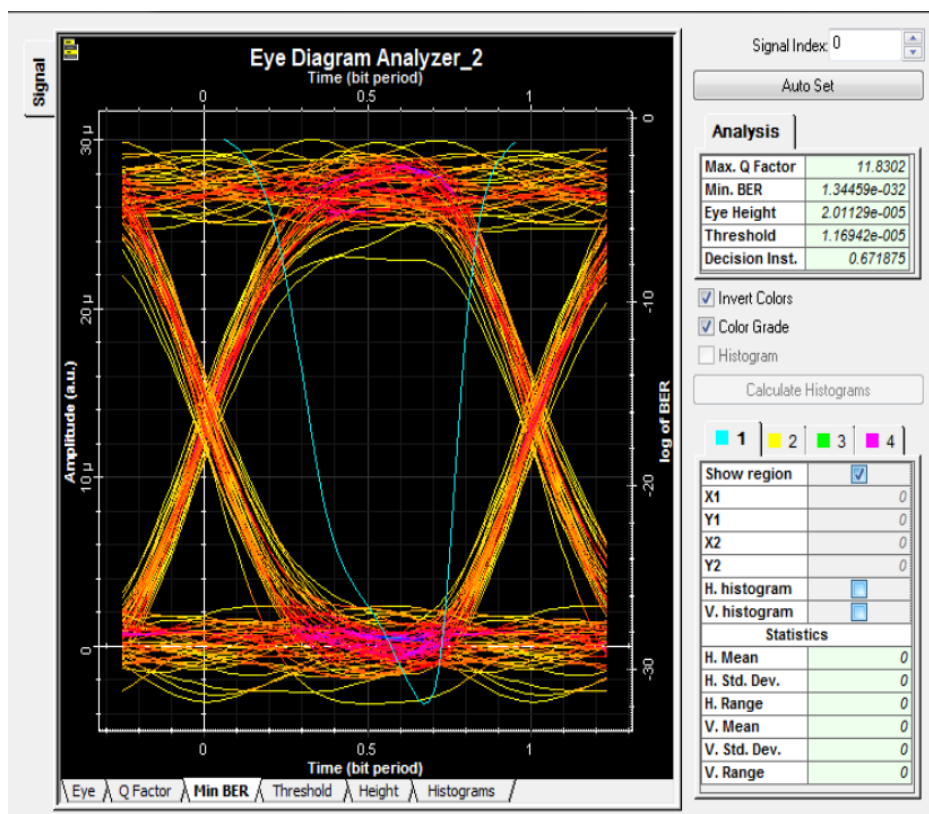


Figura 6-5. Mínimo BER, NAP más cercana

Realizado por: Sani, J. 2017

En la misma NAP se halla el factor Q el cual es igual a 11.83, es decir que cumple con el valor mínimo es decir igual o superior a 6 para una transmisión óptima, figura 7-5.

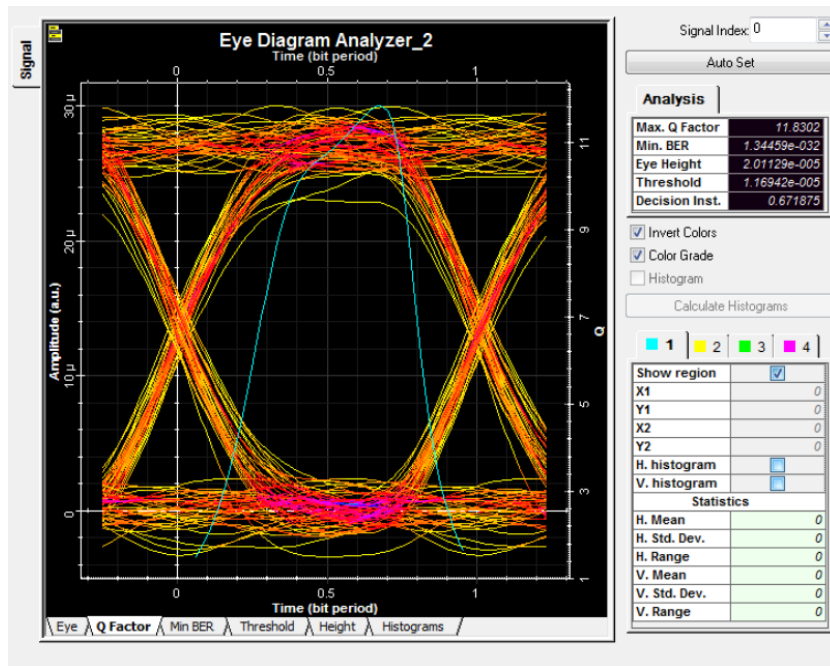


Figura 7-5. Factor Q, NAP más cercana

Realizado por: Sani, J. 2017

Para el usuario más distante según figura 8-5 que corresponde a la ZON5_ARM2_NAP2_ENL1 se tiene que el BER de es aproximadamente 1.73×10^{-26} , esto quiere que los resultados están dentro del rango de la norma ITU G984.2.

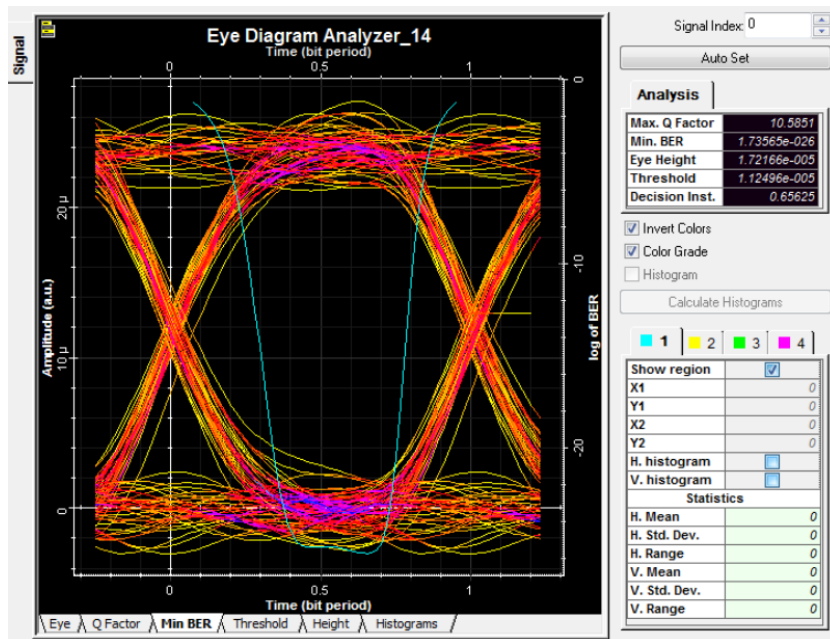


Figura 8-5. Mínimo BER, Nap más distante

Realizado por: Sani, J. 2017

En la ZON5_ARM2_NAP2_ENL1 el factor Q que se genera es de 10.58, valor que se encuentra dentro de los rangos expuestos por la ITU-G.984.2 donde el Factor Q debe ser igual o mayor a 6, figura 9-5.

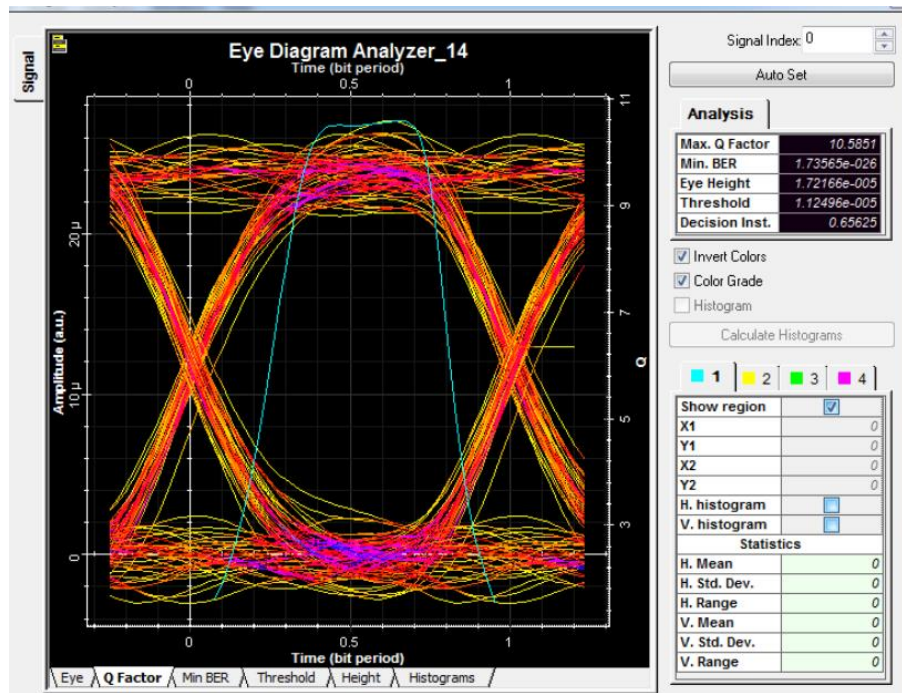


Figura 9-5. Factor Q, NAP más distante

Realizado por: Sani, J. 2017

Tabla 1-5. Factor Q y BER de NAPS cercanas y distantes

Parámetro	Zona	Cercana	Distante	Diferencia	% Diferencia
FACTOR Q	Zona 1	13,83	12,47	1,36	12,18
	Zona 3	14,12	13,75	1,63	11,85
	Zona 4	12,79	12,1	2,31	17,63
	Zona 2	12,76	12,37	-0,39	-3,15
	Zona 5	11,85	10,59	-1,26	-11,9
			13.07	12.26	
BER	Zona 1	$1,34 \times 10^{-27}$	$1,18 \times 10^{-36}$	$-1,34 \times 10^{-27}$	$-1,14 \times 10^{11}$
	Zona 3	$4,34 \times 10^{-29}$	$2,64 \times 10^{-38}$	$-4,34 \times 10^{-29}$	$-1,64 \times 10^{11}$
	Zona 4	$1,99 \times 10^{-22}$	$1,74 \times 10^{-34}$	$-1,99 \times 10^{-22}$	$-1,14 \times 10^{14}$
	Zona 2	$1,45 \times 10^{-32}$	$1,86 \times 10^{-30}$	$1,85 \times 10^{-30}$	$9,92 \times 10$
	Zona 5	$1,04 \times 10^{-27}$	$1,74 \times 10^{-21}$	$1,74 \times 10^{-21}$	$1,00 \times 10^2$
			3.98×10^{-23}	3.48×10^{-22}	

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

En la tabla 1-5 se muestra el promedio de los parámetros de BER y factor Q de las NAPS distantes y cercanas de cada una de las zonas, donde se verifica que en el mejor y el peor de los escenarios se cumple con lo estipulado en la Recomendación ITU-T G.984.2.

En la figura 10-5 se muestra la diferencia que presenta el Factor Q de las NAPS más cercanas y las más distantes en cada una de las zonas, en el cual se verifica que mientras más cercana se encuentra la NAP mayor es el Factor Q.

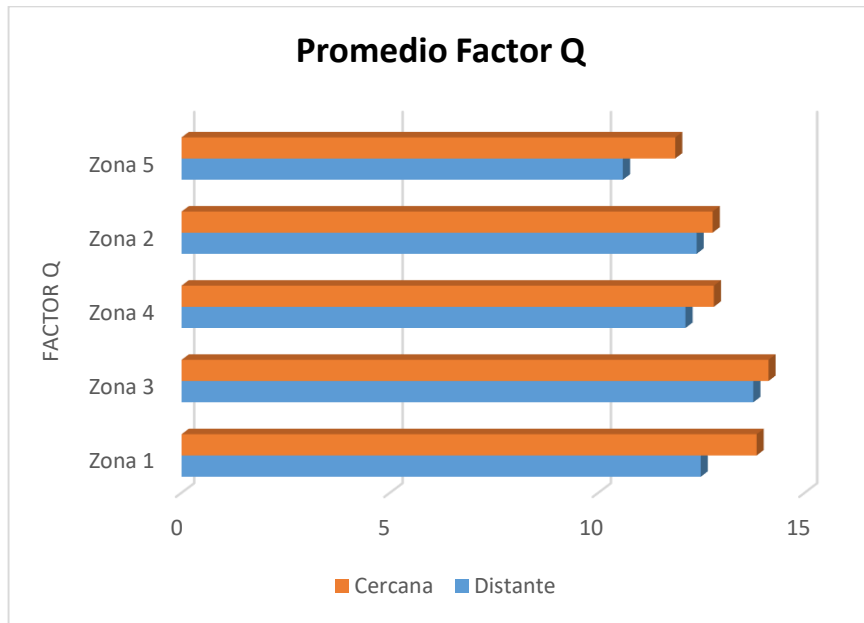


Figura 10-5. Diferencia Factor Q

Realizado por: Sani, J. 2017

En la figura 11-5 se presenta la diferencia del BER entre las NAPS cercanas y distantes, este parámetro se encuentra relacionado con la distancia por ende los valores para las zonas 1, 3, 2 son muy pequeños es decir existen menos bits errados debido a que en estas zonas se encuentran las distancias más cercanas en relación a los de las zonas 4 y 5.

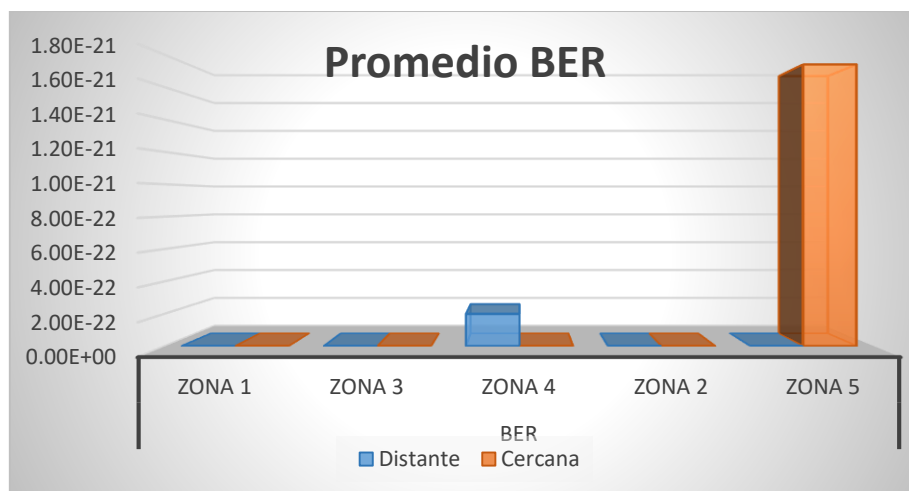


Figura 11-5. Diferencia del BER

Realizado por: Sani, J. 2017

b) Atenuación

Para determinar la atenuación de la señal se hace constar los datos del escenario de la NAP más cercana y la más distante.

Red ODF

Para determinar la pérdida de la potencia de la señal cuando esta atraviesa la fibra y llega al primer nivel de splitteo es decir a las cajas de distribución, se utiliza un optical power meter, figura 12-5.

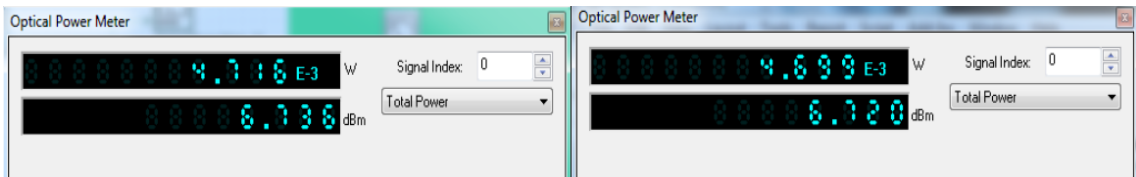


Figura 12-5. Potencia medida en la red ODF

Realizado por: Sani, J. 2017

Red de distribución

En el escenario de la NAP más cercana se cuenta en el primer nivel de splitteo una relación de 1:4, ingresa al splitter con una atenuación de 6.720 dBm y posterior a él es de -0.681 es decir que existe una atenuación de 7.4 dBm, figura 13-5.

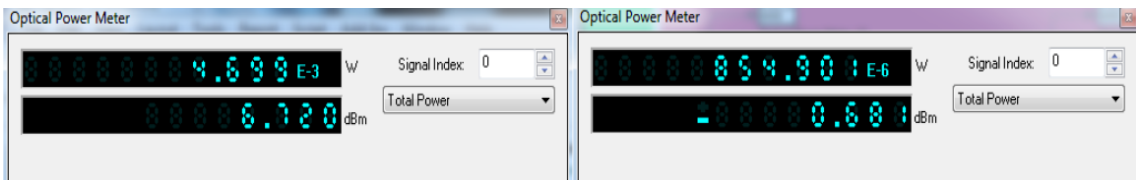


Figura 13-5. Potencia medida antes y después del primer nivel de splitters

Realizado por: Sani, J. 2017

La potencia de la señal al llegar al segundo splitter es de -0,681 dBm y posterior a él es de -11.298 dBm llegando a una pérdida de la potencia de 10.6 dBm, figura 14-5.

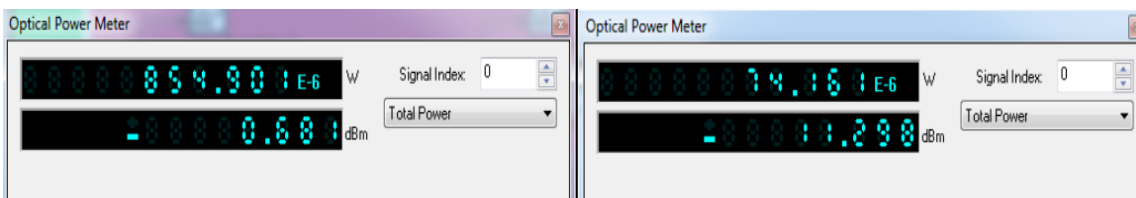


Figura 14-5. Potencia medida antes y después del segundo nivel de splitters

Realizado por: Sani, J. 2017

Recepción en la ONT

Adicional a las pérdidas que se generan por inserción de los splitters y la distancia de la fibra también se generan por conectores, fusiones y el margen de guarda, pero que no es posible simular directamente en el software como tales, por lo que se usa un elemento denominado atenuador el cual se configura con la pérdida que estos generan, figura 15-5.

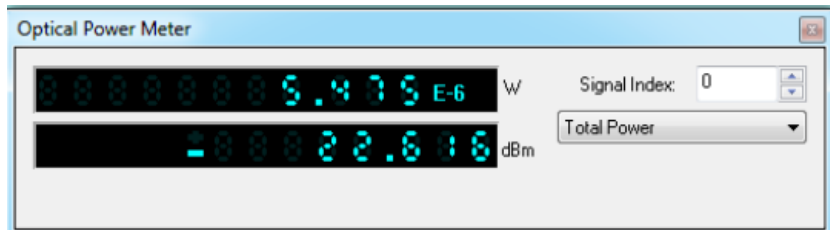


Figura 15-5. Potencia en el receptor ONT

Realizado por: Sani, J. 2017

En la tabla 2-5 se presenta la atenuación promedio de la potencia de la señal en cada una de las zonas en los tramos de transmisión, distribución y dispersión.

Tabla 2-5. Atenuación promedio por cada zona

Zona	Transmisión			Distribución			Dispersión		
	In	Out	% Pérdida	In	Out	% Pérdida	In	Out	% Pérdida
Zona 1	8	7,78	2,74	7,78	-23,31	97,15	-23,31	-23,33	0,11
Zona 3	8	7,71	3,63	7,71	-23,38	96,26	-23,38	-23,40	0,11
Zona 4	8	7,76	2,97	7,76	-23,33	96,92	-23,33	-23,35	0,10
Zona 2	8	7,47	6,60	7,47	-23,37	93,29	-23,37	-23,64	0,11
Zona 5	8	7,67	4,17	7,67	-23,42	95,72	-23,42	-23,45	0,10

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

En la figura 16-5 se presenta la atenuación promedio de los enlaces que se encuentran en la zona 1, el mayor porcentaje se encuentra en la distribución con el 97.149%, en la recepción se encuentra el 0.108% y en la transmisión el 2.743%.

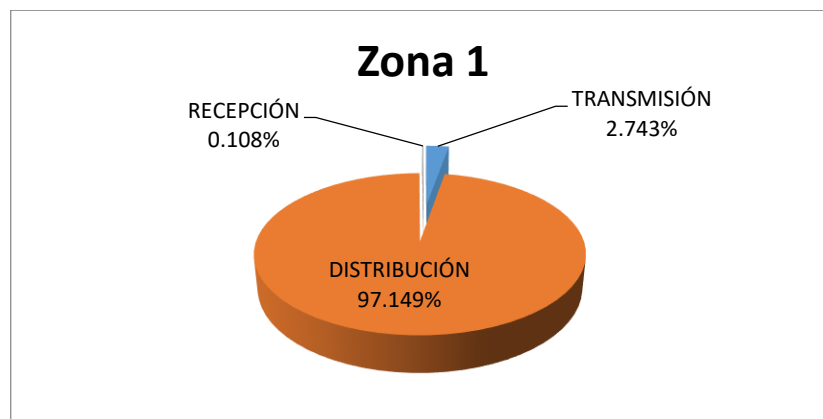


Figura 16-5. Atenuación promedio zona 1

Realizado por: Sani, J. 2017

En la figura 17-5 se muestra la atenuación promedio en la zona 2, donde la atenuación se distribuye con el mayor porcentaje en la red de distribución correspondiente al 93,297%, el 0.112% en la recepción y el 6.591% en la transmisión.

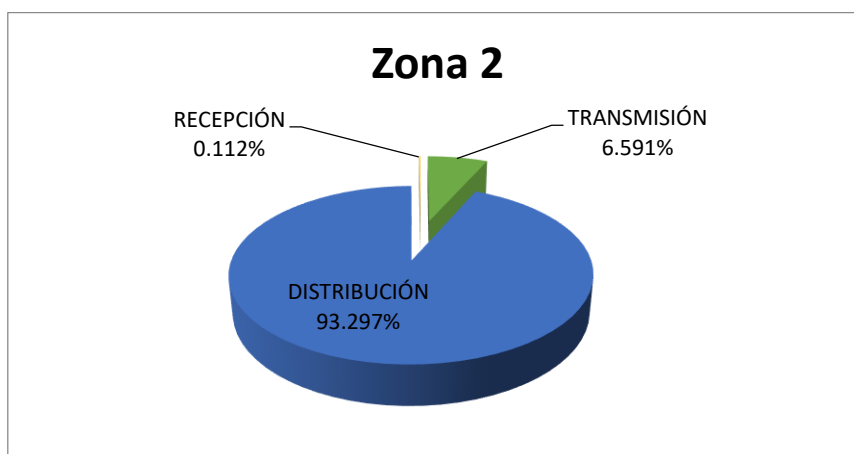


Figura 17-5. Atenuación promedio zona 2

Realizado por: Sani, J. 2017

En la zona 3 se presenta la atenuación se distribuye en la recepción un 0.11%, en la transmisión del 3.62% y en la distribución del 96.27%, figura 18-5.

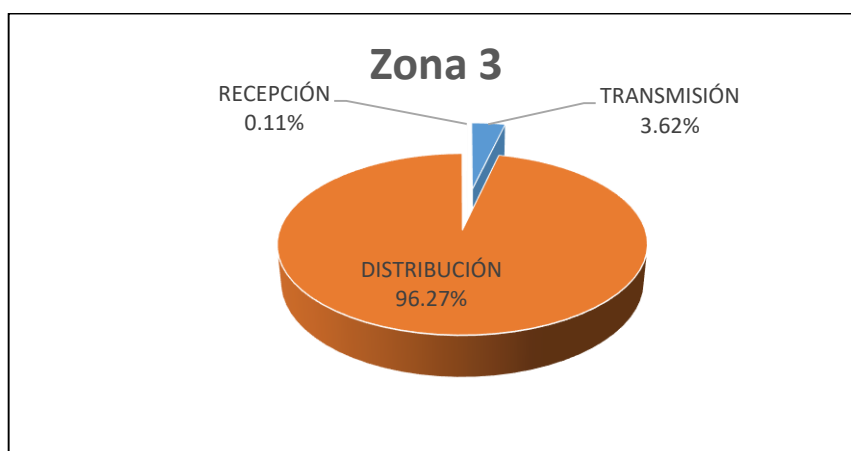


Figura 18-5. Atenuación promedio zona 3

Realizado por: Sani, J. 2017

La atenuación en la zona 4 se distribuye en la recepción un 0.10%, en la transmisión del 3% y en la distribución del 96.93%, figura 19-5.

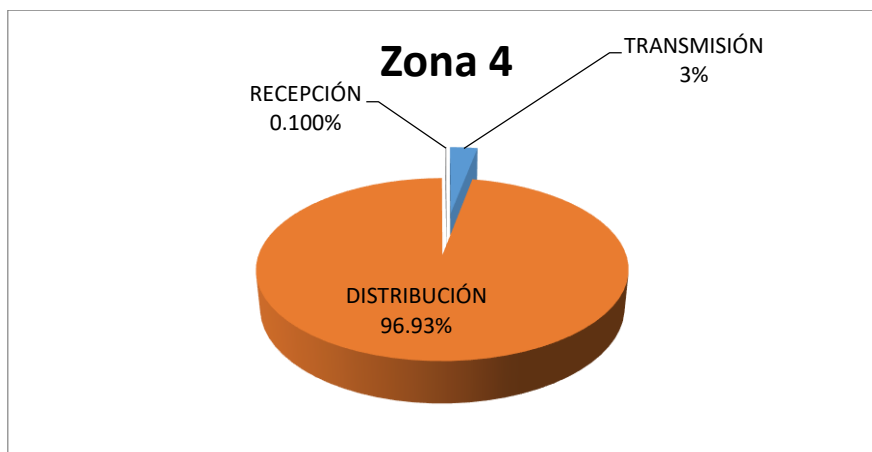


Figura 19-5. Atenuación promedio zona 4

Realizado por: Sani, J. 2017

En la zona 5 se distribuya la atenuación en un 0,10% en la recepción y un 4,17% en la transmisión y en la distribución el 95.73%, figura 20-5.

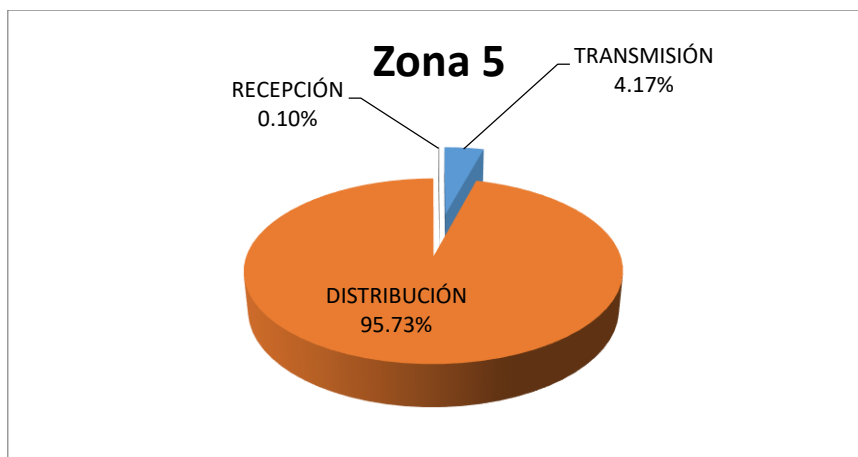


Figura 20-5. Atenuación promedio zona 5

Realizado por: Sani, J. 2017

5.2. Parámetros Simulados

Tabla 3-5. Parámetros simulados por enlace

ZONA	ZONA_ARM_NAP_ENL	Atenuación	Factor Q	BER
ZONA 1	ZON1_ARM1_NAP1_ENL1	23,75	12,13	$3,40 \times 10^{-31}$
	ZON1_ARM1_NAP1_ENL8	23,76	11,16	$3,31 \times 10^{-24}$
	ZON1_ARM1_NAP2_ENL1	23,78	10,77	$2,33 \times 10^{-22}$
	ZON1_ARM1_NAP2_ENL8	23,77	11,60	$2,13 \times 10^{-26}$
	ZON1_ARM1_NAP3_ENL1	23,85	11,94	$3,83 \times 10^{-28}$
	ZON1_ARM1_NAP3_ENL8	24,02	11,53	$4,85 \times 10^{-26}$
	ZON1_ARM1_NAP4_ENL1	24,04	11,65	$1,08 \times 10^{-28}$
	ZON1_ARM1_NAP4_ENL8	24,03	12,33	$3,25 \times 10^{-26}$
	ZON1_ARM2_NAP1_ENL1	23,49	12,06	$8,30 \times 10^{-29}$
	ZON1_ARM2_NAP1_ENL8	23,50	12,66	$4,60 \times 10^{-33}$

	ZON1_ARM2_NAP2_ENL1	23,52	13,13	1,03 X 10 ⁻³⁴
	ZON1_ARM2_NAP2_ENL8	23,51	12,65	5,60 X 10 ⁻³²
	ZON1_ARM2_NAP3_ENL1	24,09	12,01	1,51 X 10 ⁻²⁸
	ZON1_ARM2_NAP3_ENL8	24,09	12,74	1,71 X 10 ⁻³²
	ZON1_ARM2_NAP4_ENL1	24,11	11,13	4,60 X 10 ⁻²⁴
	ZON1_ARM2_NAP4_ENL8	24,10	11,32	5,21 X 10 ⁻²⁵
	ZON1_ARM3_NAP1_ENL1	23,37	11,52	5,01X 10 ⁻²⁶
	ZON1_ARM3_NAP1_ENL8	23,37	12,16	2,63 X 10 ⁻²⁹
	ZON1_ARM3_NAP2_ENL1	23,37	11,98	2,30 X 10 ⁻²⁸
	ZON1_ARM3_NAP2_ENL8	23,38	12,60	1,06 X 10 ⁻³¹
	ZON1_ARM3_NAP3_ENL1	23,89	11,81	1,80 X 10 ⁻²⁷
	ZON1_ARM3_NAP3_ENL8	23,90	12,33	2,98 X 10 ⁻³⁰
	ZON1_ARM3_NAP4_ENL1	23,92	12,58	1,41 X 10 ⁻³¹
	ZON1_ARM3_NAP4_ENL8	23,91	11,25	1,18 X 10 ⁻²⁴
	ZON1_ARM4_NAP1_ENL1	23,75	11,54	4,16 X 10 ⁻²⁶
	ZON1_ARM4_NAP1_ENL8	23,76	11,36	3,39 X 10 ⁻²⁵
	ZON1_ARM4_NAP2_ENL1	23,48	13,23	3,12 X 10 ⁻³⁵
	ZON1_ARM4_NAP2_ENL8	23,49	11,86	9,71 X 10 ⁻²⁸
	ZON1_ARM4_NAP3_ENL1	23,78	12,24	1,00 X 10 ⁻²⁹
	ZON1_ARM4_NAP3_ENL8	23,79	11,59	2,42 X 10 ⁻²⁶
	ZON1_ARM4_NAP4_ENL1	23,92	12,72	2,34 X 10 ⁻³²
	ZON1_ARM4_NAP4_ENL8	23,93	12,85	4,12 X 10 ⁻³³
ZONA 3	ZON3_ARM1_NAP1_ENL1	23,34	11,60	2,06 X 10 ⁻²⁶
	ZON3_ARM1_NAP1_ENL8	23,34	11,35	3,86 X 10 ⁻²⁵
	ZON3_ARM1_NAP2_ENL1	23,35	11,97	2,59 X 10 ⁻²⁸
	ZON3_ARM1_NAP2_ENL8	23,36	13,56	3,27 X 10 ⁻³⁷
	ZON3_ARM1_NAP3_ENL1	23,54	12,40	1,30 X 10 ⁻³⁰
	ZON3_ARM1_NAP3_ENL8	23,55	12,64	6,57 X 10 ⁻³²
	ZON3_ARM1_NAP4_ENL1	23,57	11,72	5,26 X 10 ⁻²⁷
	ZON3_ARM1_NAP4_ENL8	23,56	12,91	2,09 X 10 ⁻³³
	ZON3_ARM2_NAP1_ENL1	23,87	13,26	1,89 X 10 ⁻³⁵
	ZON3_ARM2_NAP1_ENL8	23,88	12,22	1,17 X 10 ⁻²⁹
	ZON3_ARM2_NAP2_ENL1	23,88	12,49	4,28 X 10 ⁻³¹
	ZON3_ARM2_NAP2_ENL8	23,89	12,40	1,35 X 10 ⁻³¹
	ZON3_ARM2_NAP3_ENL1	23,46	11,38	2,51 X 10 ⁻²⁵
	ZON3_ARM2_NAP3_ENL8	23,47	11,96	2,87 X 10 ⁻²⁸
	ZON3_ARM2_NAP4_ENL1	23,46	11,73	4,52 X 10 ⁻²⁷
	ZON3_ARM2_NAP4_ENL8	23,47	12,44	8,10 X 10 ⁻³¹
	ZON3_ARM3_NAP1_ENL1	23,77	11,65	1,15 X 10 ⁻²⁶
	ZON3_ARM3_NAP1_ENL8	23,78	12,31	4,04 X 10 ⁻³⁰
	ZON3_ARM3_NAP2_ENL1	23,77	12,42	9,51 X 10 ⁻³¹
	ZON3_ARM3_NAP2_ENL8	24,78	13,22	3,45 X 10 ⁻³⁵
	ZON3_ARM3_NAP3_ENL1	23,92	12,28	6,10 X 10 ⁻³⁰
	ZON3_ARM3_NAP3_ENL8	23,92	11,17	2,90 X 10 ⁻²⁵
	ZON3_ARM3_NAP4_ENL1	23,92	12,07	8,01 X 10 ⁻²⁹
	ZON3_ARM3_NAP4_ENL8	23,93	13,38	3,86 X 10 ⁻³⁶
	ZON3_ARM4_NAP1_ENL1	23,37	13,13	1,14 X 10 ⁻³⁴
	ZON3_ARM4_NAP1_ENL8	23,38	12,32	3,38 X 10 ⁻³⁰
	ZON3_ARM4_NAP2_ENL1	23,37	13,07	2,41 X 10 ⁻³⁴
	ZON3_ARM4_NAP2_ENL8	23,38	12,09	6,26 X 10 ⁻²⁹
	ZON3_ARM4_NAP3_ENL1	23,37	13,60	2,06 X 10 ⁻³⁸
	ZON3_ARM4_NAP3_ENL8	23,38	11,43	1,40 X 10 ⁻²⁵
	ZON3_ARM4_NAP4_ENL1	23,37	11,56	3,35 X 10 ⁻²⁶
	ZON3_ARM4_NAP4_ENL8	23,38	11,65	1,09 X 10 ⁻²⁶
ZONA 4	ZON4_ARM1_NAP1_ENL1	23,41	12,27	6,81 X 10 ⁻³⁰
	ZON4_ARM1_NAP1_ENL8	23,42	10,87	7,65 X 10 ⁻³⁰
	ZON4_ARM1_NAP2_ENL1	23,43	12,37	1,99 X 10 ⁻³⁰
	ZON4_ARM1_NAP2_ENL8	23,43	11,99	1,98 X 10 ⁻²⁸
	ZON4_ARM1_NAP3_ENL1	23,91	13,35	5,96 X 10 ⁻³⁶
	ZON4_ARM1_NAP3_ENL8	23,92	12,54	2,35 X 10 ⁻³¹
	ZON4_ARM1_NAP4_ENL1	24,17	12,12	4,27 X 10 ⁻²⁹
	ZON4_ARM1_NAP4_ENL8	24,18	12,16	2,61 X 10 ⁻²⁹
ZON4_ARM2_NAP1_ENL1	23,75	13,78	1,70 X 10 ⁻³⁸	
ZON4_ARM2_NAP1_ENL8	23,76	12,39	1,42 X 10 ⁻³⁰	

	ZON4_ARM2_NAP2_ENL1	23,77	12,36	2,13 X 10 ⁻³⁰
	ZON4_ARM2_NAP2_ENL8	23,78	12,23	1,03 X 10 ⁻²⁹
	ZON4_ARM2_NAP3_ENL1	23,83	13,46	1,31 X 10 ⁻³⁶
	ZON4_ARM2_NAP3_ENL8	23,83	12,41	1,08 X 10 ⁻³⁰
	ZON4_ARM2_NAP4_ENL1	23,84	12,25	8,77 X 10 ⁻³⁰
	ZON4_ARM2_NAP4_ENL8	23,84	12,07	8,00 X 10 ⁻²⁹
	ZON4_ARM3_NAP1_ENL1	24,11	12,43	8,45 X 10 ⁻³¹
	ZON4_ARM3_NAP1_ENL8	24,12	11,51	5,66 X 10 ⁻²⁶
	ZON4_ARM3_NAP2_ENL1	24,12	11,17	2,95 X 10 ⁻²⁴
	ZON4_ARM3_NAP2_ENL8	24,13	11,70	6,62 X 10 ⁻²⁸
	ZON4_ARM3_NAP3_ENL1	23,83	10,89	6,14 X 10 ⁻²⁹
	ZON4_ARM3_NAP3_ENL8	23,84	11,44	1,31 X 10 ⁻²⁵
	ZON4_ARM3_NAP4_ENL1	23,83	11,03	1,37 X 10 ⁻²⁴
	ZON4_ARM3_NAP4_ENL8	23,84	11,66	9,67 X 10 ⁻²⁷
	ZON4_ARM4_NAP1_ENL1	23,63	12,13	3,53 X 10 ⁻²⁹
	ZON4_ARM4_NAP1_ENL8	23,64	12,47	5,20 X 10 ⁻³¹
	ZON4_ARM4_NAP2_ENL1	23,63	11,80	1,91 X 10 ⁻²⁷
	ZON4_ARM4_NAP2_ENL8	23,64	14,79	9,07 X 10 ⁻⁴⁵
	ZON4_ARM4_NAP3_ENL1	23,47	12,06	8,30 X 10 ⁻²⁹
	ZON4_ARM4_NAP3_ENL8	23,48	12,66	4,60 X 10 ⁻³³
	ZON4_ARM4_NAP4_ENL1	23,47	13,55	4,14 X 10 ⁻³⁸
	ZON4_ARM4_NAP4_ENL8	23,48	12,80	8,66 X 10 ⁻³³
ZONA 2	ZON2_ARM1_NAP1_ENL1	23,75	11,99	1,94 X 10 ⁻²⁸
	ZON2_ARM1_NAP1_ENL8	23,76	12,70	2,95 X 10 ⁻³²
	ZON2_ARM1_NAP2_ENL1	23,78	13,96	1,29 X 10 ⁻³⁹
	ZON2_ARM1_NAP2_ENL8	23,77	12,40	1,37 X 10 ⁻³⁰
ZONA 5	ZON5_ARM1_NAP1_ENL1	23,85	10,60	1,53 X 10 ⁻²¹
	ZON5_ARM1_NAP1_ENL8	24,02	10,03	5,82 X 10 ⁻¹⁹
	ZON5_ARM2_NAP2_ENL1	24,04	11,24	1,27 X 10 ⁻²⁴
	ZON5_ARM2_NAP2_ENL8	24,03	11,15	3,62 X 10 ⁻²⁵

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Según la tabla 3-5 se concluye que en todos los enlaces, los parámetros de atenuación, factor Q y BER se encuentran dentro de los mínimos que establece la Recomendación ITU.G.984.2

5.3. Comprobación de Hipótesis

Para determinar si son apoyadas o refutadas las hipótesis científicas en base a lo que investigador observa, estas deben ser sometidas a pruebas, las que permiten si lo argumentado tiene apoyo o no de acuerdo con ciertos datos obtenidos en la investigación.

H₀: Mediante optisystem será posible evaluar y diseñar la red FTTH para brindar servicios de voz, video y datos en la zona urbana de Pelileo.

H₁: Mediante optisystem no será posible evaluar y diseñar la red FTTH para brindar servicios de voz, video y datos en la zona urbana de Pelileo.

a) Variables

Tabla 4-5. Operacionalización conceptual de variables

Variables	Tipo	Concepto
Evaluación de los efectos lineales y no lineales presentes durante la transmisión en una red óptica.	Independiente	Conjunto de procesos, procedimientos técnicos y actividades en el área de Telecomunicaciones que permiten estimar los parámetros de rendimiento en el diseño de una red óptica.
Variación de los efectos lineales que cumplen con los establecidos en la ITU-G.984.2 en cada uno de los tramos de la red.	Dependiente	Parámetros presentes en la transmisión de datos en una red óptica que se encuentren dentro de los límites para una transmisión adecuada y factible.

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

b) Población

La población es el conjunto de todos los elementos a ser evaluados y en la presente investigación la conforman 512 ONTs, de las cuales se toma la NAP más cercana y la más distante de cada zona, es decir 10 ONT's.

c) Procedimientos Generales

Se ha procedido a detallar los métodos utilizados en la presente investigación:

Método: comparativo – experimental

Técnicas: experimentos y pruebas

Instrumento: Optisystem 15.0

d) Instrumentos de recolección de datos

De acuerdo a la naturaleza de la investigación, los instrumentos más apropiados para la recolección de datos fueron la comparación de experimentos y pruebas, los mismos que se aplicaron utilizando la red óptica diseñada.

Para la recolección de información se utilizó para ciertos casos la observación directa para comparar niveles de atenuación, BER, y Factor Q en relación a la distancia entre la OLT y los dispositivos finales, esto mediante el soporte del software mencionado.

De la misma manera se comparó niveles de referencia de los experimentos en relación a los establecidos en la ITU-G.984.2 para una transmisión adecuada y fiable en este tipo de redes.

e) Validación de los Instrumento

La validez de los instrumentos depende del grado en que se mide el dominio específico de las variables que intervienen en la investigación. Todo instrumento aplicado debe tener como característica fundamental: la validez y la confiabilidad. La validez se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir.

El software Optisystem fue creado para hacer frente a las necesidades de los investigadores, ingenieros de telecomunicaciones, integradores de sistemas ópticos, estudiantes y a una amplia variedad de usuarios. Optisystem es una suite de diseño de software que permite a los usuarios planificar, probar y simular los enlaces ópticos en la capa de transmisión de las redes ópticas modernas es compatible con las herramientas de diseño de Optiwave como Optiamplifier y OptiBPM (Optiwave, 2016)

Debido a su flexibilidad y eficiencia en el diseño es un software que tiene un alto reconocimiento en el ámbito académico e investigativo a nivel mundial, es utilizado por el Instituto de Óptica de la Universidad de Rochester, Universidad de Australia, Instituto de ciencias de la India, Universidad de Arizona, entre otros.

El software de la empresa canadiense Optiwave, con una trayectoria de 15 años diseñando software de simulación para la investigación en el área de electrónica y redes ópticas, el cual es utilizado a nivel mundial en el entorno académico y empresarial.

f) Escenario de Simulación

Según el anexo C se muestra el escenario de simulación en el que constan de etapas: Transmisión, mediante LED'S que simulan la generación de señales de datos, voz y video

Red de distribución y dispersión en la cual se encuentra la fibra con sus respectivos niveles de splitteo.

Recepción simulada por medio de filtros y fotodetectores para la recepción de la señal.

En cada una de las etapas se presentan medidores de potencia, analizadores de espectros, visualizadores de la señal en el dominio del tiempo para conocer el comportamiento de la señal.

También se trabaja con atenuadores de la señal para representar la atenuación que genera los conectores o fusiones.

Variando la distancia d en cada uno de los tramos, se puede notar que los parámetros cambian.

g) **Procesamiento de la Información**

Para el análisis de los datos y la comprobación de hipótesis, se determinan las variables dependientes e independientes con sus respectivos indicadores.

Se analiza los parámetros que permiten determinar la calidad que va tener la señal una vez transcurrido por los elemento propuestos en el diseño.

Prueba de hipótesis

Se apoya o se refuta una hipótesis científica sometíéndolas a pruebas que se apoyen en los datos obtenidos en la investigación.

Para determinar los límites de confianza se realizan pruebas estadísticas mediante métodos, uno de ellos es el chi-cuadrado (X^2), el cual permite calcular la probabilidad de obtener resultados que únicamente por efecto del azar se desvíen de las expectativas en la magnitud observada si una solución a un problema es correcta.

Para el cálculo del valor del Chi-cuadrado se trabajó con la fórmula:

$$x^2 = \text{Chi} - \text{Cuadrado}$$

$$\sum_i = \frac{(\text{observada}_i - \text{esperada}_i)^2}{\text{esperada}_i} \quad (15)$$

$$x^2 = \sum \left(\frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e} \right)$$

Donde:

- f_0 = frecuencia observada de realización de un acontecimiento determinado.
- f_e = frecuencia esperada
- Σ = es la sumatoria de todos los valores posibles de $\frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}$

Grados de Libertad

Corresponde al número de categorías o clases que existe. Se lo calcula mediante:

$$gl = (\# \text{ filas} - 1)(\# \text{ columnas} - 1) \quad (16)$$

Valor Crítico

Este valor se lo busca en el anexo D valor de Chi-cuadrado calculado, en base a los grados de libertad y el nivel confiabilidad el cual generalmente es 0,05% para determinar el valor de la probabilidad. Si la probabilidad es alta se considera que los datos están de acuerdo con la solución, lo cual no prueba que la solución sea correcta, sino que simplemente no se puede demostrar que sea incorrecta.

Tabla 5-5. Cuadro cálculo de chi cuadrado

Medición 1			Medición 2			Atenuación	Factor Q	BER	Atenuación	Factor Q	BER
Obtenidos			Esperados								
Atenuación	Factor Q	BER	Atenuación	Factor Q	BER	(f ₀ -f _e)	(f ₀ -f _e)	(f ₀ -f _e)	((f ₀ -f _e) ² /f _e)	((f ₀ -f _e) ² /f _e)	((f ₀ -f _e) ² /f _e)
23,32	12,366	1,99 x 10 ⁻³⁰	23,332	12,1311	3,416 x 10 ⁻³¹	-0,012	0,2349	1,645 x 10 ⁻³⁰	6,172 x 10 ⁻⁰⁶	0,004548475	7,922 x 10 ⁻³⁰
23,84	11,5213	5,15 x 10 ⁻²⁶	23,556	12,6362	6,622 x 10 ⁻³²	0,284	-1,1149	5,151 x 10 ⁻²⁶	3,424 x 10 ⁻⁰³	0,098368339	4,006 x 10 ⁻²⁰
23,39	13,1537	8,09 x 10 ⁻³⁶	23,906	13,2248	3,081 x 10 ⁻³⁶	-0,516	-0,0711	5,012 x 10 ⁻³⁶	1,114 x 10 ⁻⁰²	0,000382252	8,151 x 10 ⁻³⁶
23,78	12,6268	7,51 x 10 ⁻³²	23,529	11,6556	1,075 x 10 ⁻²⁶	0,251	0,9712	-1,075 x 10 ⁻²⁶	2,678 x 10 ⁻⁰³	0,080925001	1,075 x 10 ⁻²⁶
23,48	12,9914	6,83 x 10 ⁻³⁴	23,355	13,6483	1,032 x 10 ⁻³⁷	0,125	-0,6569	6,828 x 10 ⁻³⁴	6,690 x 10 ⁻⁰⁴	0,031616949	4,519 x 10 ⁻³⁰
24,02	13,0952	1,74 x 10 ⁻³⁴	23,89	10,4519	7,146 x 10 ⁻²¹	0,13	2,6433	-7,146 x 10 ⁻²¹	7,074 x 10 ⁻⁰⁴	0,668494235	7,146 x 10 ⁻²¹
23,69	11,7542	3,36 x 10 ⁻²⁸	23,273	13,2798	1,506 x 10 ⁻³⁵	0,417	-1,5256	3,358 x 10 ⁻²⁸	7,472 x 10 ⁻⁰³	0,175262832	7,487 x 10 ⁻²¹
23,64	13,0156	4,99 x 10 ⁻³⁴	23,255	12,7415	1,717 x 10 ⁻³³	0,385	0,2741	-1,219 x 10 ⁻³³	6,374 x 10 ⁻⁰³	0,005896544	8,646 x 10 ⁻³⁴
23,79	10,3691	1,71 x 10 ⁻²⁰	24,225	11,3677	3,029 x 10 ⁻²⁵	-0,435	-0,9986	1,712 x 10 ⁻²⁰	7,811 x 10 ⁻⁰³	0,087722403	9,675 x 10 ⁻¹⁶
24,01	10,716	4,26 x 10 ⁻²²	24,236	10,7681	2,431 x 10 ⁻²²	-0,226	-0,0521	1,830 x 10 ⁻²²	2,107 x 10 ⁻⁰³	0,000252079	1,377 x 10 ⁻²²
									0,042386017	1,153469109	9,676 x 10⁻¹⁶

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

Grados de Libertad

Para los grados de libertad aplica la ecuación (16) de la cual se obtiene:

$$gl = (10 - 1)(3 - 1)$$

$$gl = 18$$

Valor Crítico

Este valor se lo extrae de la distribución de chi-cuadrado según Anexo D, el cual corresponde al valor de intersección de los grados de libertad y el nivel de confiabilidad siendo este igual a 28,87.

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435

Figura 21-5. Distribución chi-cuadrado

Fuente: Slideshare. s.f

Siendo que el valor Chi cuadrado $X^2 = 0,42$ para la atenuación, $X^2 = 1,15$ para el factor Q, y para el BER $X^2 = 9,676 \times 10^{-16}$, los cuales son inferiores que el valor crítico que es 28,87, por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

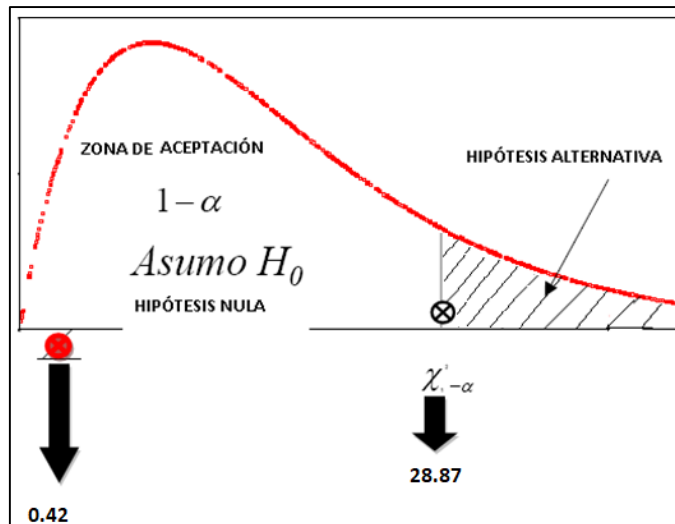


Figura 22-5. Área de aceptación y rechazo de hipótesis, parámetro atenuación
 Realizado por: Sani, J. 2017

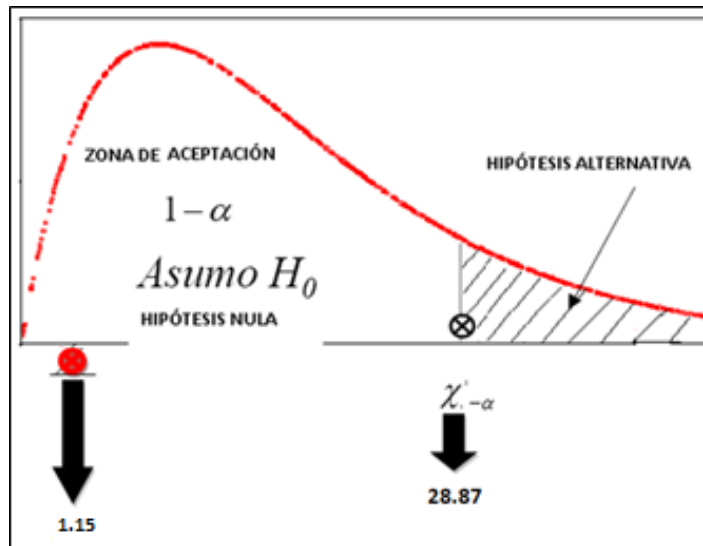


Figura 23-5. Área de aceptación y rechazo de hipótesis, parámetro factor Q
 Realizado por: Sani, J. 2017

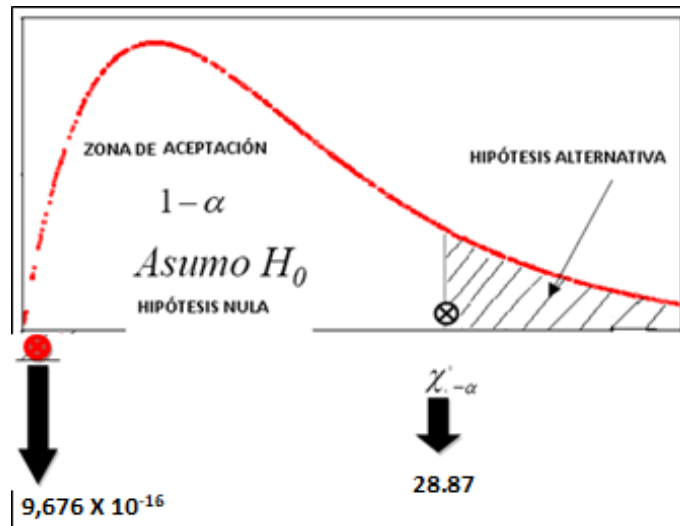


Figura 24-5. Área de aceptación y rechazo de hipótesis, parámetro BER

Realizado por: Sani, J. 2017

CONCLUSIONES

- Mediante la encuesta como instrumento para recopilar información se determinó la situación actual de los servicios de telecomunicaciones en la zona urbana de Pelileo, reflejando que el 18.52% de los encuestados no tiene ninguno de los servicios, el 100% que posee el servicio de telefonía y el 72,41% que tiene internet acceden mediante cobre, mientras que el 27,59% de usuarios de internet por radioenlace, el 100% de clientes del servicio de televisión acceden por antena en el sector residencial.
- Las etapas del diseño de la red óptica se establecieron en base a las recomendaciones ITU-G.984.2 que especifica las características de redes GPON, las ITU-T G.671 para las relaciones de splitteo y las ITU-T G.652 e ITU-T G.655 que especifican las características de las fibras.
- Para operar un sistema de telecomunicaciones se debe obtener una concesión, para lo cual se debe cumplir con requisitos que especifica la ARCOTEL, dentro de los requisitos que se solicitan consta el estudio técnico, la presente propuesta se presenta como una referencia para operadores de red que requieran invertir en una red FTTH.
- Existen diferentes tecnologías que son factibles aplicar en redes ópticas, pero no todas permiten escalabilidad a la red, es así que BPON y EPON permiten hasta máximo 32 conexiones por puerto mientras que en GPON se pueden realizar hasta 64 conexiones por puerto es por esta razón que se trabaja con la tecnología GPON en la propuesta.
- El software optisystem mediante su interfaz permitió la simulación de cada una de las partes de la red propuesta gracias a la gran biblioteca de componentes con más de 300 tipos, los mismos que se personalizaron acorde al diseño; a la vez para la presentación de resultados se utilizaron las herramientas de post-procesamiento y visualización.
- El presupuesto óptico de las NAP's más cercanas y más lejanas por zona presentan valores máximos en pérdidas de hasta 25,15 dB valor que se encuentra por debajo de las pérdidas máximas que soporta la Clase B+ expuesta en la Recomendación ITU-G.984.2, detallado en 28 dB por lo tanto la transmisión es factible.
- Mediante Optisystem se determinó los valores de BER, Factor Q y atenuación en el equipo receptor (ONT) y la visualización de estos resultados se presentó en el Eye Diagram, donde se muestra que para el usuario más cercano el margen de defensa frente al ruido es amplio y se lo verifica con el valor obtenido del BER que en el mejor de los escenarios es aproximadamente 1.85×10^{-30} lo que implica que en un quintillón de bits transmitidos el 1.85 bits son errados y en el peor de los escenarios se tiene un BER de 1.74×10^{-21} lo que equivale a 1,74 bits errados en mil trillones de bits, es decir que los

resultados del BER se consideran aceptables lo que nos permite tener una comunicación óptima entre equipos activos.

- El factor Q en todos los enlaces presenta un mínimo de 12.10 y el máximo de 14.12, valores que se encuentran dentro de los límites mínimos propuestos por la Recomendación ITU.G984.2 para una transmisión adecuada.
- Calculado el presupuesto de enlace en la NAP más cercana, distante y proyectada se tiene valores de -16.67 dB, -17.25 dB y -23.29 visualizándose que en ninguno de los casos contemplados para el sistema sobrepasa los valores que establece la inecuación $-28 \text{ dB} < \text{pérdida}$, por ende la transmisión es factible hasta los 19,1 Km que es una proyección de crecimiento para la parroquia rural más distante del cantón Pelileo.
- Optisystem permitió la evaluación y diseño de la red FTTH para los servicios de voz, video y datos en la zona urbana de Pelileo, estableciéndose un total de 512 NAPS con un promedio en el BER entre 3.98×10^{-23} y 3.48×10^{-22} , el factor Q entre 12.26 y 13.07 y la atenuación entre 23.33 y 23.45, valores que se encuentran dentro de los establecidos en la ITU G984.2 para una transmisión adecuada.

RECOMENDACIONES

- La distancia máxima de la red ODN, es decir, la distancia el tendido de fibra óptica entre la OLT y ONT no debe superar los 20 Km. La medida de 20 Km es un valor definido para el estándar GPON, sin embargo, la longitud de fibra óptica depende del cálculo de la atenuación máxima del enlace, que no debe sobrepasar el de 28 dB, esta restricción obedece a los umbrales de trabajos de los equipos OLT y ONT y a la Recomendación ITU-G 984.2.
- Para el desarrollo de la simulación se debe ubicar cada una de la ONT en slots de tiempos diferentes para el acceso al medio para hacer referencia al método de TDMA.
- Para la presente investigación sólo se permiten dos niveles de “splitters”, un tercer nivel de “splitters” aumenta las pérdidas y reduce la distancia del enlace de fibra óptica.
- Actualmente, no hay ninguno proyecto para la transmisión de video de subida en este tipo de redes, aunque existan estudios en la ITU-T (una enmienda a la Recomendación G.983.2 incluye una provisión para una ruta de subida de video, que podría ser considerada para la transmisión del video digital IP), por lo que se debería trabajar en investigaciones para esta etapa de transmisión.

BIBLIOGRAFIA

- Abdallah, S., Martin, M., & Chadi, A. (2009). *Broadband Access Networks*. California: Springer.
- Aguilar, S. (03 de 24 de 2015). *Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud*. Recuperado el 09 de 06 de 2017, de academia.edu.documents: <http://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Alvear, J. D. (11 de agosto de 2011). *Tesis de grado*. Obtenido de Tesis de grado: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1076/12/UPS-CT002134.pdf>
- ARCOTEL. (2016). *Densidad de líneas activas y participación de mercado*. Quito: Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.
- ARCOTEL. (2016). *RESOLUCIÓN 05-03-ARCOTEL-2016* . Quito: ARCOTEL.
- ARCOTEL. (2017). *Estadísticas de Telecomunicaciones*. Quito: Reportes administrativos ARCOTEL.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2015). *Ley Orgánica de Telecomunicaciones*. Quito: Asamblea Nacional de la República del Ecuador.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución del Ecuador*. Montecristi: Lexis.
- ASAMBLEA NACIONAL REPUBLICA DEL ECUADOR. (20 de Octubre de 2008). *ASAMBLEA NACIONAL REPUBLICA DEL ECUADOR*. Recuperado el 22 de 06 de 2016, de ASAMBLEA NACIONAL REPUBLICA DEL ECUADOR: http://bivicce.corteconstitucional.gob.ec/site/image/common/libros/constituciones/Constitucion_2008_reformas.pdf
- Cevallos, G., & Coronel, F. (14 de abril de 2014). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED DE ACCESO PARA BRINDAR SERVICIOS TRIPLE PLAY CON TECNOLOGÍA FTTH EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE AMBATO*. Obtenido de Repositorio Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7343>
- Cocharane, P., Heckingbottom, R., & Heatley, D. (1994). The hidden benefits of optical transparency. *IEEE Xplore*, 90-97.
- CONATEL. (2001). *Reglamento para la prestación de Servicios Portadores*. Quito: Lexis.
- Dinamarca, J. (2002). *Informe de Teoría de Comunicaciones Digitales* . Chile: Universidad Técnica Federico Santa María .
- El Ciudadano. (26 de abril de 2015). Noticias. *Ecuador avanza en la reducción de la brecha digital*, pág. 1.
- FOA. (2014). *Guía de estudio para la certificación de la FOA*. California: The Fiber Optic Association Inc.
- H. Congreso Nacional. (20 de 05 de 1999). *Supercias*. Obtenido de Supercias: <http://www.supercias.gob.ec/>

- Hernández, M. (22 de 02 de 2014). Listo el 80 por ciento de la red nacional de fibra óptica. *PORTAFOLIO*. Obtenido de <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/listo-80-ciento-red-nacional-fibra-optica-50842>
- Huidrobo, J. (23 de abril de 2007). *Autores Científico-Técnicos y académicos*. Obtenido de Autores Científico-Técnicos y académicos: http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/043039.pdf
- IESS. (13 de 02 de 2018). *www.iess.gob.ec*. Obtenido de *www.iess.gob.ec*: <https://www.iess.gob.ec/documents/13718/54965/Tasasdeaportacion.pdf>
- INEC. (2010). *Densidad Poblacional a nivel parroquial*. Quito: INEC.
- INEC. (20 de enero de 2010). *Ecuador en cifras*. Obtenido de Ecuador en cifras: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>
- INEC. (s.f.). *www.ecuadorencifras.gob.ec*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Jímenez, R. (2014). *Análisis del mercado de productos de comunicaciones*. Málaga: IC Editorial.
- Johnstone, W. (2004). *Eye Diagrams & BER in Optical Communications*. Reino Unido: Universidad de Strathclyde.
- Kramer, G., & Gerry, P. (2002). Ethernet passive optical network (EPON): building a next-generation optical access network. *IEEE Xplore*, 66-73.
- La Prensa Austral. (25 de 11 de 2015). Avances del proyecto de fibra óptica austral serán expuestos hoy por el subsecretario de Telecomunicaciones. *La Prensa Austral*.
- Lee, B. (2015). Divisores ópticos pasivos. *Senko advanced components*, 5.
- Maier, M. (2008). *Optical Switching Networks*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mannie, E. (2004). *Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture*. Bruselas: Copyright (C) The Internet Society.
- Marín, A. (2009). *Optimización de procedimiento para medición de diagrama de ojo y BER con equipo de comunicación por fibra óptica*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Millán, R. (2008). GPON(Gigabit Passive Optical Network). *BIT*, 63-67.
- MINTEL. (2014). *Boletín de prensa*. SUBSECRETARÍA DE FOMENTO DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Y GOBIERNO EN LINEA. Quito: Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.
- Mintel. (02 de 08 de 2017). *Observatorio TIC*. Obtenido de Observatorio TIC: <https://observatoriotic.mintel.gob.ec/estadistica/>
- monografias.com. (s.f.). *monografias.com*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos104/introduccion-fibra-optica/img21.png>
- Mukherjee, B. (2006). *Optical WDM networks*. California: Springer Science+Business Media Inc.
- Networld Consulting. (s.f.). <http://networldconsulting.es>. Obtenido de <http://networldconsulting.es/?cat=220&lang=es-es#>

- Newman, P., Edwards, W., Hinden, R., Hoffman, E., Ching, F., Lyon, T., & Minshall, G. (1996). *Ipsilon flow management protocol specification for ipv4*. Kansas: Technology Services.
- Ordoñez, A. (2015). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LOS EFECTOS DE FWM EN UNA RED*. Quito: PUCE.
- Sarkar, S., Ditix, S., & Mukherjee, B. (2007). Hybrid Wireless-Optical Broadband-Access Network (WOBAN). *IEEE Xplore*, 3329 - 3340.
- Secretaría de Salud del Estado de Tabasco. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 333-338.
- SENPLADES. (2014). *1807_SAN PEDRO DE PELILEO_TUNGURAHUA*. SI – Dirección de métodos, análisis e investigación. Quito: SENPLADES.
- Seoane, I. (2012). *Contribución al diseño de redes ópticas de nueva generación: protección, calidad de servicio y eficiencia energética*. Madrid: Repositorio institucional de la Universidad Carlos III de Madrid.
- shopdelta.eu*. (s.f.). Obtenido de <https://http2.mlstatic.com/fibra-optica-pigtail-spc-scpc.jpg>
- Skubic, B., Chen, J., & Ahmed, J. (2009). A comparison of dynamic bandwidth allocation for EPON, GPON, and next-generation TDM PON. *IEEE Xplore*, 40-48.
- Slideplayer. (s.f.). *slideplayer.es*. Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/8749835/>
- Slideshare*. (s.f.). Obtenido de <https://image.slidesharecdn.com/tablachicuadrado-140715102956-phpapp02/95/tabla-chi-cuadrado-1-638.jpg?cb=1405420240>
- Slideshare*. (s.f.). Obtenido de <https://image.slidesharecdn.com/tablachicuadrado-140715102956-phpapp02/95/tabla-chi-cuadrado-1-638.jpg?cb=1405420240>
- sumtelecom.group*. (s.f.). Obtenido de <https://sumtelecomgroup.com/producto/patch-cord-fibra-optica/>
- TELCONET. (21 de 08 de 2015). *TELCONET*. Obtenido de TELCONET: <http://www.telconet.net/noticias/197-telconet-pccs-landingstation>
- TELNET-RI. (2012). *www.telnet-ri.es*. Obtenido de <https://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2014/10/gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- Teng, J., & Rouskas, G. (2003). A comparison of the jit, jet, and horizon wavelength reservation. *In In Proc. of the First International Workshop on Optical*, 2003.
- The Fiber Optic Association. (s.f.). *www.thefoa.org*. Obtenido de <https://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>
- UIT. (2005). *Recomendación UIT-T G.652*. Ginebra: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones UIT.
- UIT-T. (2004). *Equipo de prueba del factor Q para evaluar la calidad de transmisión de los canales ópticos*. Ginebra: SECTOR DE NORMALIZACIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES DE LA UIT.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2003). *Recomendación ITU-G.984.2*. Ginebra: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones UIT.

- Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). (2012). *Recomendación ITU-T G.671*. Ginebra: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2012). *ITU-T Rec. G.671*. Ginebra: ITU.
- wikimedia.com. (s.f.). Obtenido de http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Parametros_fundamentales.png
- wikipedia. (s.f.). *wikipedia*. Obtenido de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2f/Fibra_optica.svg/550px-Fibra_optica.svg.png
- Wordpress. (s.f.). *Wordpress.com*. Obtenido de http://rodcontre.files.wordpress.com/2011/08/electromagnetic_spectrum.png
- Wordpress. (s.f.). *Wordpress.com*. Obtenido de <https://ropalmaromera.files.wordpress.com/2011/08/imagen2.png>
- WordPress.com*. (s.f.). Obtenido de <https://eduardonhpr.files.wordpress.com/2010/09/conectores.jpg>
- Yoo, M., Qiao, C., & Dixit, S. (2001). Optical burst switching for service differentiation in the next-generation optical Internet. *IEEE Xplore*, 98-104.

ANEXOS

Anexo A: ENCUESTA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Objetivo: Esta encuesta tiene como objetivo realizar una investigación acerca de la situación actual y los requerimientos de los servicios de telecomunicaciones en el sector de Pelileo.

1. ¿De estos medios de comunicación, cuál de ellos posee en su domicilio? (Si es la respuesta es ninguno pase a la pregunta 2 y culmina la encuesta)

	Servicios	Cobre	Fibra	Radioenlace	Satelital
<input type="radio"/>	Internet				
<input type="radio"/>	Telefonía fija				
<input type="radio"/>	Televisión por cable				
<input type="radio"/>	Ninguno				

2. ¿Por qué razón no adquirido alguno de los servicios anteriormente mencionados? (Si no posee ninguno de los servicios).

- No requiere
- No existe proveedor
- Precios altos
- Otro:

3. ¿Qué empresa le proporciona el/los servicio/s?

- CNT
- TV CABLE
- DIRECTV
- Otro: _____

4. ¿De los siguientes cuál/es inconveniente/s se han presentado en el/los servicio/s que la empresa proporciona?

	Ninguno	Mala calidad de la señal	Tiempos de reparación altos	Precios altos
Teléfono	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Televisión	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. ¿Cuán satisfecho se siente con el/los servicio/s brindado/s?

1 = Bajo, 2 = Medio, 3 = Alto

	1	2	3
Internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Telefonía Fija	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Televisión	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. ¿Aproximadamente cuál es el valor que paga por el/los servicio/s?

Residencial

	20 \$ - 30 \$	30 \$ - 40 \$	40 \$ - 50 \$	Más de 50 \$
Telefonía	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Televisión	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Corporativo

	20 \$ - 30 \$	30 \$ - 50 \$	50 \$ - 70 \$	Más de 70 \$
Telefonía	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Televisión	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. ¿Tiene proyectado contratar alguno de estos servicios?

- Telefonía
- Internet
- Televisión

Anexo B: ANÁLISIS DE LA ENCUESTA

Sector Residencial

Se analiza los servicios de telecomunicaciones que ofertan las diferentes operadoras en el sector de estudio, así se obtiene:

Servicio A: Telefonía (SA)

Servicio B: Internet (SB)

Servicio C: TV suscrita (SC)

Servicio D: Telefonía + Internet (SD)

Servicio E: Telefonía + TV suscrita (SE)

Servicio F: Internet + TV suscrita (SF)

Servicio G: Telefonía + Internet + TV suscrita (SG)

Usuarios por servicio

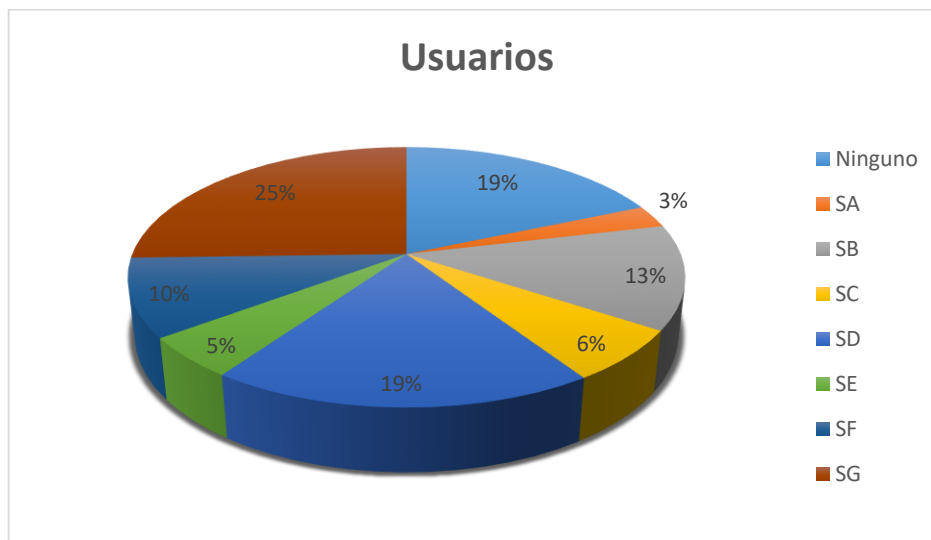


Figura 1-B. Usuarios por servicio

Realizado por: Sani, J. 2017

De la población encuestada se reflejan los siguientes porcentajes por cada servicio:

Servicio A: Telefonía (SA): 3%

Servicio B: Internet (SB): 13%

Servicio C: TV suscrita (SC): 6%

- Servicio D: Telefonía + Internet (SD): 10%
- Servicio E: Telefonía + TV suscrita (SE): 5%
- Servicio F: Internet + TV suscrita (SF): 19%
- Servicio G: Telefonía + Internet + TV suscrita (SG): 25%

Medio de acceso

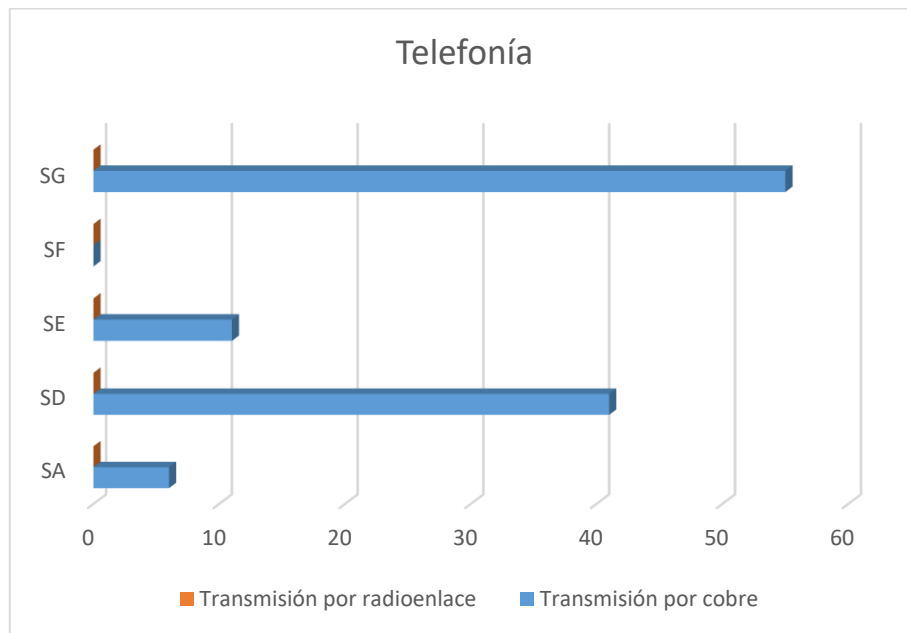


Figura 2-B. Forma de acceso para el servicio de telefonía

Realizado por: Sani, J. 2017

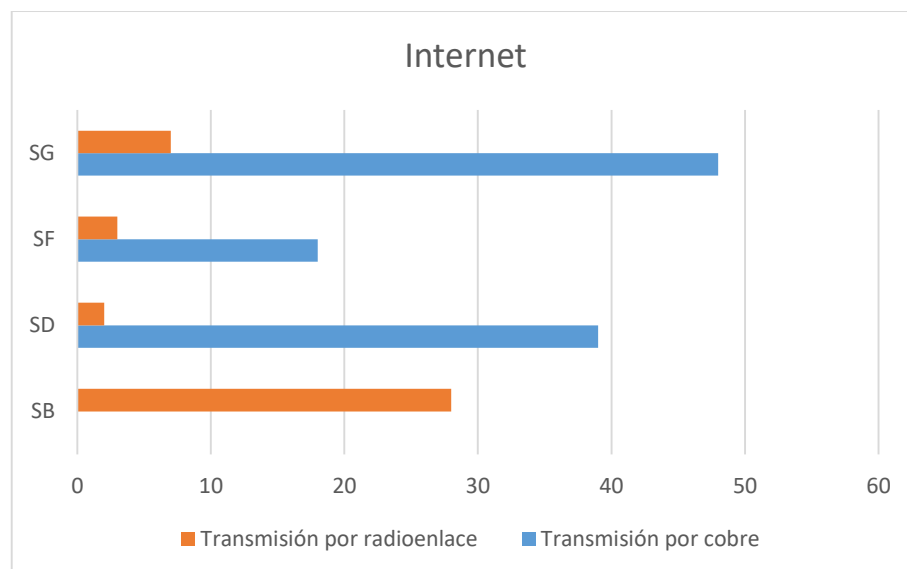


Figura 3-B. Forma de acceso para el servicio de internet

Realizado por: Sani, J. 2017

Quienes poseen el servicio de telefonía que corresponde a 113 personas, el 100% es mediante cobre, el internet lo poseen 145 correspondiendo el 72,41% mediante cobre y el 27,59% mediante radioenlace, mientras que la televisión los 101 usuarios que corresponde al 100% reciben el servicio mediante antena(satelital).

Costo mensual de servicios de telecomunicaciones

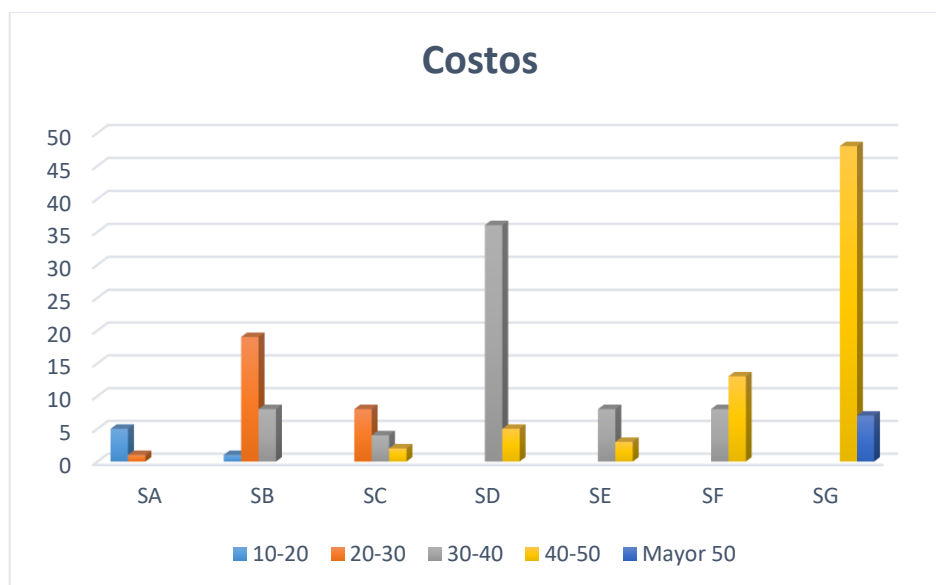


Figura 4-B. Costo mensual por servicios de telecomunicaciones

Realizado por: Sani, J. 2017

Mediante los datos se determina que la población por servicios de telecomunicaciones cancela valores promedios entre 30\$ a 50\$. La mayor parte de la población encuestada cuenta con tres servicios, de los cuales cancelan valores entre 40\$ a 50\$.

Frecuencia de uso por servicio

Se analiza los horarios con mayor demanda a los servicios mencionados en la sección anterior, esta información permitirá dimensionar la red para que la misma cumpla con los requerimientos de la población.

Tabla 1-B. Frecuencia de uso de los servicios

	Telefonia	Internet	Televisión
09:00 -12:00	25	23	26
14:00 -18:00	53	49	28
20:00 -23:00	20	74	47

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

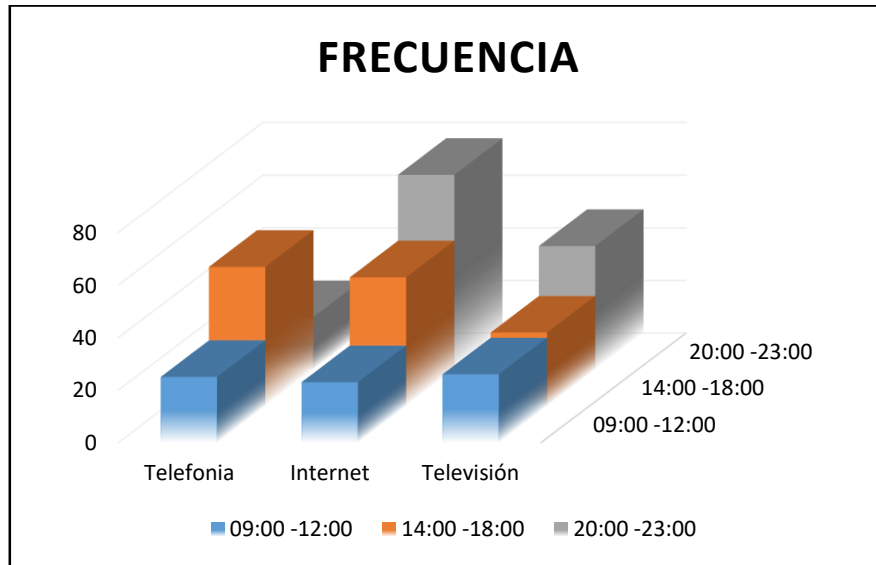


Figura 5-B. Servicios por horario de uso

Realizado por: Sani, J. 2017

En base a la figura 82-B, se visualiza que el servicio de telefonía tiene mayor uso en el horario comprendido entre las 14:00 a las 18:00 seguido del horario de 09:00 a 12:00 y el horario con menos acogida es el que se encuentra entre las 20:00 a 23:00.

El servicio de internet tiene mayor frecuencia de uso en el horario de 20:00 a 23:00 seguido del horario de las 14:00 a 18:00.

El servicio de televisión tiene su repunte en el horario de las 20:00 a 23:00 seguido del horario de 14:00 a 18:00.

Estado de los contratos de servicios de telecomunicaciones

Para conocer el estado de los servicios de telecomunicaciones en el sector se buscó conocer si los mismos tienen un solo proveedor o diferentes. Tomando en cuenta la simbología usada SD, SE, SF, SG se analizan para determinar si los usuarios que tienen dos o más servicios tienen el contrato con una sola empresa o varias.

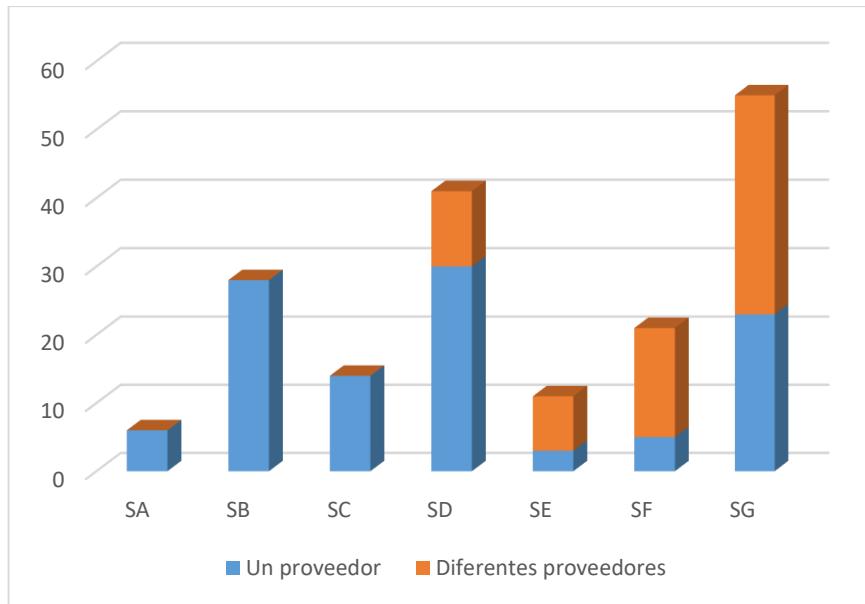


Figura 6-B. Contrato de servicios por proveedor

Realizado por: Sani, J. 2017

De los resultados obtenidos se observó que un grupo de quienes poseen más de un servicio con una empresa tienen contratos suscritos con CNT. EP, la cual brinda servicios de voz e internet por cobre y el servicio de televisión vía satélite, otra empresa que otorga servicios de telecomunicaciones en el sector de estudio es Punto Net cuyo mercado es el servicio de internet principalmente y la empresa TV Cable que tiene su mayor mercado en la televisión satelital.

Grado de satisfacción de los servicios

En la tabla 2-B se resume el análisis de satisfacción de los servicios desde el lado del usuario, en el gráfico 7-B se muestra la comparación entre la satisfacción y la insatisfacción al hacer uso de los mismos.

Tabla 2-B. Satisfacción de los servicios de telecomunicaciones

Características	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG
Satisfecho	3	13	9	18	7	10	25
Insatisfecho	3	15	5	23	4	11	30

Realizado por: Sani, Jenny, 2017.

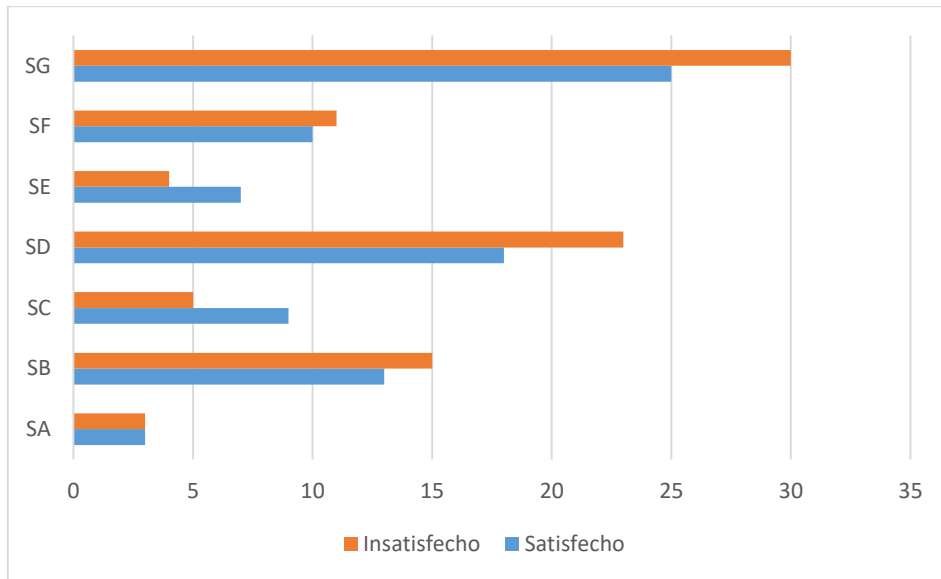


Figura 7-B. Comparación de satisfacción e insatisfacción de servicios

Realizado por: Sani, J. 2017

Acogida de la propuesta de los servicios triple play

Mediante la encuesta se analiza si los posibles usuarios acogerían la opción de adquirir servicios de telecomunicaciones solo con un proveedor. Se extrae que el 55.5% acoge la propuesta según la figura 8-B.

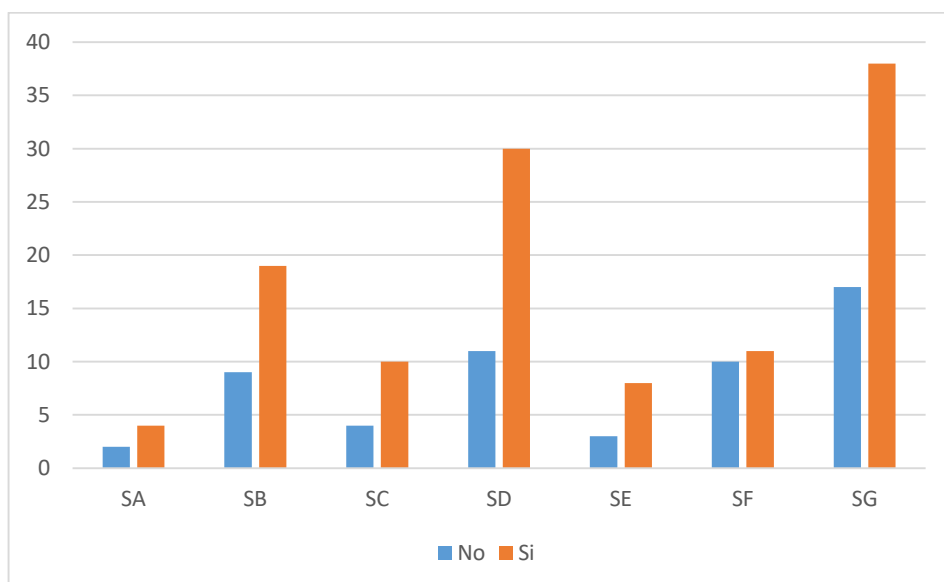


Figura 8-B. Acogida propuesta servicio triple play

Realizado por: Sani, J. 2017

Sector Corporativo

Los servicios con los que cuenta el sector corporativo según la tabla 4-3, son los mismos que se analizaron en el sector residencial; por lo cual se utiliza la misma simbología. Este sector posee el servicio de telefonía en su totalidad con CNT, el servicio de internet con TV cable y CNT mientras que el servicio de televisión CNT, TV Cable y DirecTV. No existen corporativos que tengan únicamente el servicio de televisión.

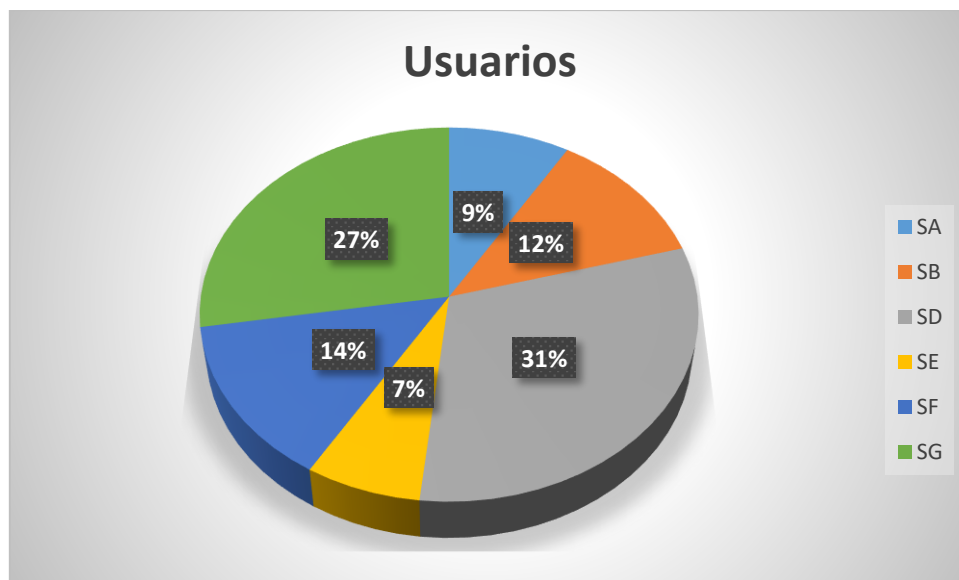


Figura 9-B. Porcentaje de usuarios por servicio.

Realizado por: Sani, J. 2017

De la población encuestada se reflejan los siguientes porcentajes por cada servicio:

Servicio A: Telefonía (SA): 9%

Servicio B: Internet (SB): 12%

Servicio D: Telefonía + Internet (SD): 31%

Servicio E: Telefonía + TV suscrita (SE): 7%

Servicio F: Internet + TV suscrita (SF): 14%

Servicio G: Telefonía + Internet + TV suscrita (SG): 27%

No existen usuarios que tengan el servicio de televisión únicamente.

Medio de acceso

En el sector corporativo de 43 encuestados según la figura 10-B se identifica que el 88.37% obtienen el servicio de telefonía mediante cobre y el 11,63% en fibra. Según la figura 11-B el servicio de internet se divide el 77,55% en cobre y el 22,4% en fibra.

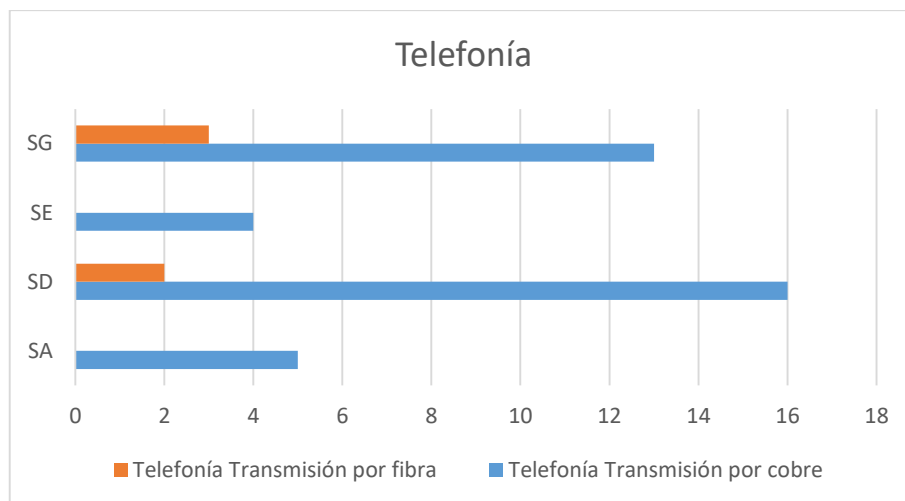


Figura 10-B. Tecnología de acceso de telefonía, sector corporativo.

Realizado por: Sani, J. 2017

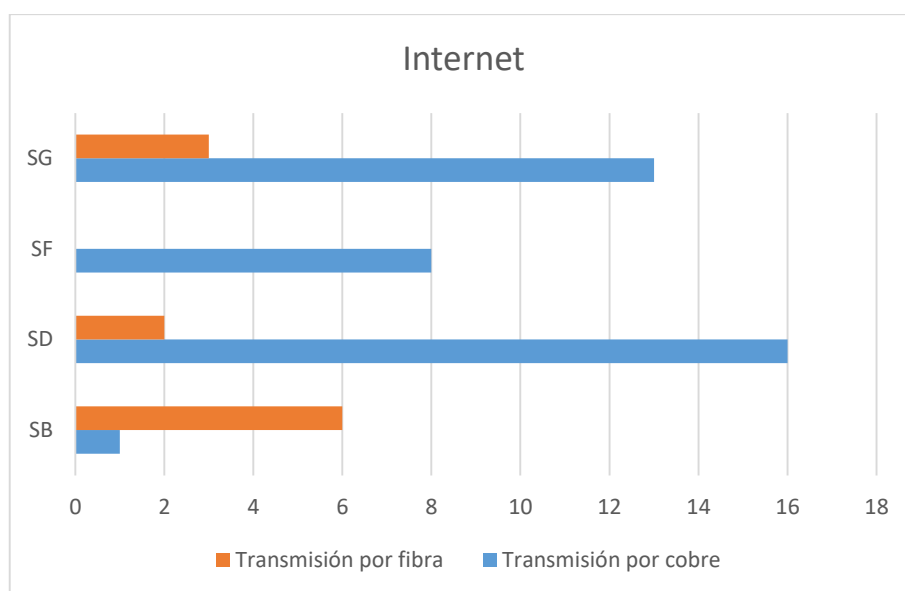


Figura 11-B. Tecnología de acceso de internet, sector corporativo.

Realizado por: Sani, J. 2017

El servicio de televisión por suscripción se lo proporciona mediante antena satelital al 100% de usuarios.

El porcentaje de personas que cancelan entre 20-30 corresponde al 5,17%, entre 30-50\$ un porcentaje de 37,93%, entre 50-70\$ el 46,55% y valores superiores a este el 17,24%, figura 12-B.

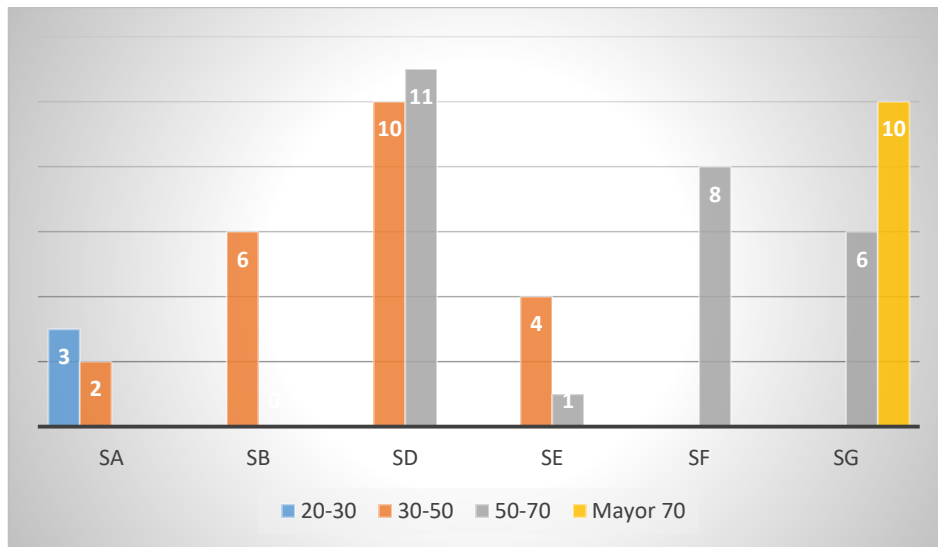


Figura 12-B. Precios por servicios, sector corporativo.

Realizado por: Sani, J. 2017

Grado de satisfacción

De los encuestados el 51,72% no se encuentra satisfecho con el servicio que se brinda, las razones como la latencia e interferencia en el servicio, tiempos de reparación altos, figura 13-B.

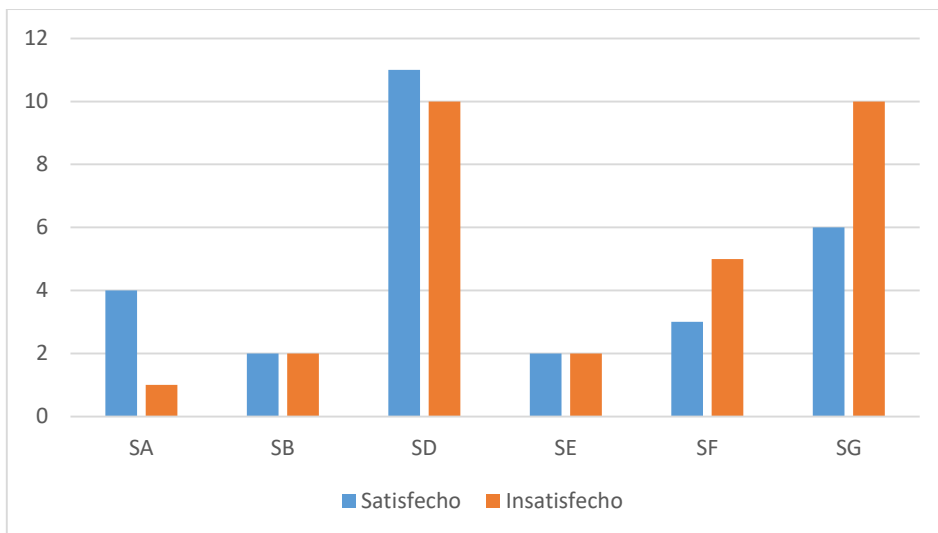


Figura 13-B. Grado de satisfacción de servicios, sector corporativo.

Realizado por: Sani, J. 2017

Acogida de la propuesta de los servicios triple play

Los encuestados muestran un porcentaje de 70,69% de aceptación de la propuesta según figura 14-B.

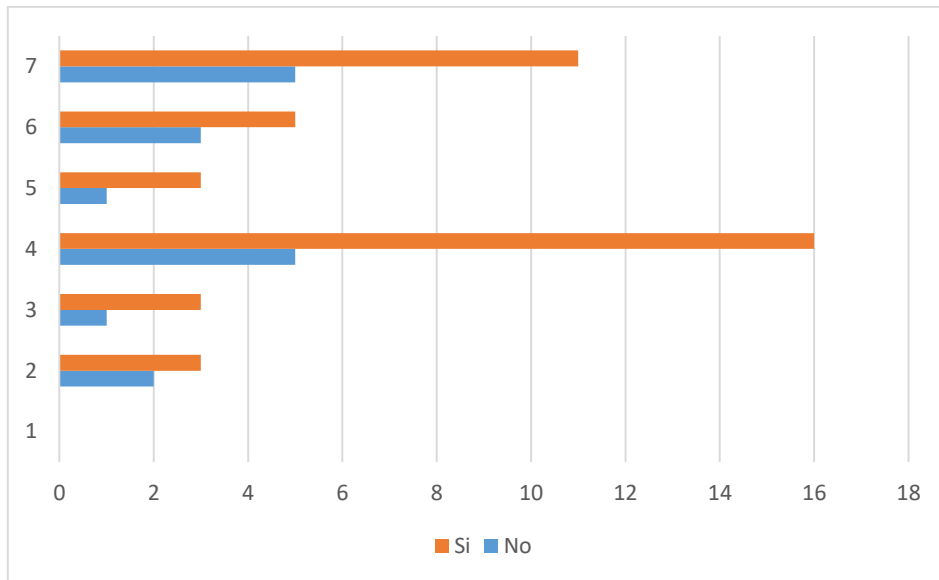


Figura 14-B. Acogida de la propuesta, sector corporativo.

Realizado por: Sani, J. 2017

Anexo C: DIAGRAMA DE SIMULACIÓN

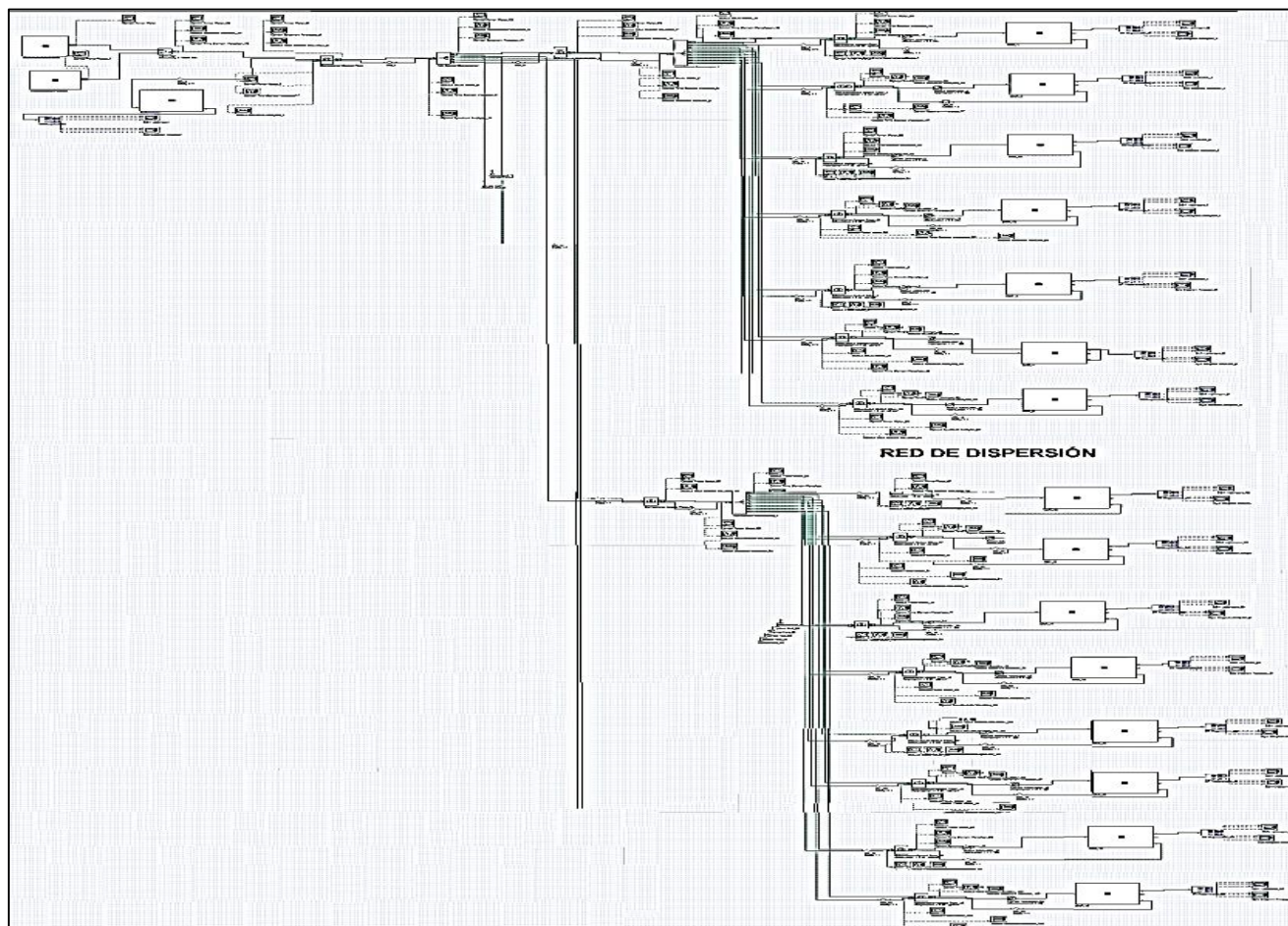


Figura 1-C. Diagrama de simulación

Realizado por: Sani, J. 2017

Anexo D: DISTRIBUCIÓN CHI-CUADRADO

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

Figura 1-D. Distribución chi-cuadrado

Fuente: Slideshare. s.f