



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES
Y REDES

**“DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA RED FTTX Y HFC EN UNA ZONA
URBANA UTILIZANDO OPTISYSTEM PARA MEDIR PARÁMETRO DE
EFICIENCIA EN LA TRANSMISIÓN.”**

TRABAJO DE TITULACIÓN: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Para optar al Grado Académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

AUTORA:

MARIA BELEN ZAMBRANO VERA

Riobamba-Ecuador

2017



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES
Y REDES

“DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA RED FTTX Y HFC EN UNA ZONA
URBANA UTILIZANDO OPTISYSTEM PARA MEDIR PARÁMETRO DE
EFICIENCIA EN LA TRANSMISIÓN”

TRABAJO DE TITULACIÓN: **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Para optar al Grado Académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

AUTORA: MARIA BELEN ZAMBRANO VERA

TUTOR: ING. OSWALDO MARTINEZ MSc.

Riobamba-Ecuador

2017

@2017, Maria Belen Zambrano Vera.

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 los Autores.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica: “DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA RED FTTX Y HFC EN UNA ZONA URBANA UTILIZANDO OPTISYSTEM PARA MEDIR PARÁMETRO DE EFICIENCIA EN LA TRANSMISIÓN.”, de responsabilidad de Maria Belen Zambrano Vera, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna		
DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Franklin Moreno		
DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Ing. Oswaldo Martínez M. Sc.		
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Hugo Moreno PhD		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

Yo, Maria Belen Zambrano Vera soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis y el patrimonio intelectual de la tesis de grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Maria Belen Zambrano Vera

DEDICATORIA

Con profunda gratitud, a mi padre Wilo, por haberme enseñado que, con esfuerzo, honestidad trabajo y constancia todo se consigue. Gracias Padre por siempre confiar en mí y hacer lo imposible para darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida.

A mi bella madre Esthela gracias por estar siempre conmigo en todo momento, por hacerme ver la vida de una forma diferentes y siempre confiar en mis decisiones.

A mi abuelita Olga que ha sido pilar fundamental en los momentos importantes de mi vida, por ser un ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda en todo este trayecto.

A mis hermanos queridos Nicole y Josué por estar siempre presentes acompañándome, gracias por su paciencia y por preocuparse por su hermana mayor, pero, sobre todo, gracias por estar en todo momento tan importante en mi vida.

M. Belén

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi Jesús Misericordioso por permitirme llegar hasta aquí y darme el don de la perseverancia para alcanzar mi meta

A mis padres, por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de vida, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A toda mi familia, gracias tíos, tías, primas, primos y mis padrinos queridos por siempre brindarme su apoyo incondicional y motivarme a seguir adelante.

A la institución Universidad Politécnica de Chimborazo por todos estos años de preparación, a mi tutor Oswaldo Martínez, por la paciencia, confianza y conocimientos brindados para el desarrollo del presente trabajo de titulación.

A mis compañeros de clases, mis amigos, con los que he compartido grandes momentos gracias por su amistad tan sincera Kathy, Johis, Carlita, Mari, Fernanda, Alex, Danny, Alejandro, Carlitos, Marce, Cris y Jefferson gracias por convivir a mi lado los momentos de mi vida universitaria y estar siempre en las buenas y en las malas, los llevaré siempre en mi corazón.

Gracias a todos aquellos que no están aquí, pero que me ayudaron a que este gran esfuerzo se volviera realidad.

.

M. Belén

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xvi
INDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	
1 MARCO TEÓRICO	6
1.1 Introducción	6
<i>1.1.1. Medios Guiados</i>	<i>6</i>
<i>1.1.1.1. Par Trenzado.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.1.2. Cable Coaxial</i>	<i>7</i>
<i>1.1.1.3. Fibra óptica.....</i>	<i>7</i>
1.1.2. Medios No guiados	7
<i>1.1.2.1. Radio</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2.2. Microondas</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2.3. Satélite.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2.4. Infrarrojo</i>	<i>9</i>
1.1.3. Técnicas Multicanalización	9
<i>1.1.3.1. Multicanalización por División de Tiempo</i>	<i>9</i>
<i>1.1.3.2. Multicanalización por División en Longitud de Onda.....</i>	<i>9</i>
1.2. Tecnología FTTx	10
1.2.1. Topologías FTTx	10
<i>1.2.1.1. FTTB</i>	<i>10</i>
<i>1.2.1.2. FTTN.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2.1.3. FTTC.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2.1.4. FTTH.....</i>	<i>11</i>
1.2.2. Fibra Óptica	12
<i>1.2.2.1. Estructura de la Fibra Óptica.....</i>	<i>12</i>
<i>1.2.2.1.1. Núcleo</i>	<i>12</i>
<i>1.2.2.1.2. Revestimiento</i>	<i>13</i>
<i>1.2.2.1.3. Recubrimiento Primario.....</i>	<i>13</i>
1.2.3. Principios de Propagación	13

1.2.3.1.	<i>Modos de propagación en la fibra óptica</i>	13
1.2.3.1.1.	<i>Fibra Monomodo</i>	14
1.2.3.1.1.1.	<i>Fibra Monomodo de Índice Escalonado</i>	14
1.2.3.1.2.	<i>Fibra Multimodo</i>	14
1.2.3.1.2.1.	<i>Fibra Multimodo de Índice Escalonado</i>	15
1.2.3.1.2.2.	<i>Fibra Óptica Multimodo de Índice Gradual</i>	15
1.2.3.2.	<i>Por Estándares ITU-T de fibra óptica</i>	15
1.2.4.	<i>Parámetros de Transmisión en la Fibra Óptica</i>	16
1.2.4.1.	<i>Atenuación</i>	16
1.2.4.2.	<i>Dispersión</i>	17
1.2.4.2.1.	<i>Dispersión Modal</i>	17
1.2.4.2.2.	<i>Dispersión Cromática</i>	18
1.2.4.2.2.1.	<i>Dispersión Material</i>	18
1.2.4.2.2.2.	<i>Dispersión por Guía de Onda</i>	19
1.2.4.2.3.	<i>Dispersión de Modo de Polarización (PMD)</i>	19
1.2.4.3.	<i>Dispersión por Curvatura</i>	20
1.2.4.3.1.	<i>Macro doblajes</i>	20
1.2.4.3.2.	<i>Micro doblajes</i>	20
1.2.5.	<i>Tipos de cables en fibra óptica</i>	20
1.2.5.1.	<i>Cable de Estructura Holgada</i>	20
1.2.5.2.	<i>Cable de Estructura Ajustada</i>	21
1.2.5.3.	<i>Cable para tendido Aéreo</i>	21
1.2.5.3.1.	<i>Cable ADSS (All Dielectric Self Supporting)</i>	21
1.2.5.3.2.	<i>Cable Figura 8</i>	22
1.2.5.3.3.	<i>Cable OPGW</i>	22
1.2.5.4.	<i>Cable Submarino</i>	23
1.2.5.4.1.	<i>Cable con Armadura</i>	23
1.2.6.	<i>Elementos de Interconexión</i>	24
1.2.6.1.	<i>Splitters</i>	24
1.2.6.2.	<i>Conectores</i>	24
1.2.6.3.	<i>Empalmes</i>	26
1.2.6.4.	<i>Mangas de Conexión</i>	26
1.2.6.5.	<i>Herrajes</i>	27
1.2.7.	<i>Dispositivos Ópticos</i>	27
1.2.7.1.	<i>Fuentes de Luz</i>	27
1.2.7.2.	<i>Detectores de luz</i>	27
1.2.7.2.1.	<i>Detectores PIN</i>	28

1.2.7.2.2.	<i>Detectores APD.....</i>	28
1.3.	Tecnología HFC	28
1.3.1.1.	<i>Estructura de la Red Híbrida.....</i>	30
1.3.1.1.1.	<i>La Cabecera.....</i>	31
1.3.1.1.2.	<i>Red troncal.....</i>	31
1.3.1.1.3.	<i>Red de distribución</i>	32
1.3.1.1.4.	<i>Acometida.....</i>	32
1.3.1.1.5.	<i>Tap</i>	32
1.3.1.1.6.	<i>Caja decodificadora (equipo terminal).....</i>	32
1.3.2.	Sistema Coaxial.....	33
1.3.2.1.	<i>Estructura de un Cable Coaxial.....</i>	33
1.3.2.2.	<i>Características de un Cable Coaxial</i>	34
1.3.3.	Propagación de un Cable Coaxial.....	34
1.3.4.	Parámetros de un Cable Coaxial.....	35
1.3.4.1.	<i>Impedancia Característica.....</i>	35
1.3.4.2.	<i>Impedancia de Transferencia.....</i>	35
1.3.4.3.	<i>Atenuación</i>	36
1.3.4.4.	<i>Structural return loss (S.R.L.).....</i>	36
1.3.5.	Tipos de Cables	36
1.3.5.1.	<i>RG-500.....</i>	36
1.3.5.2.	<i>RG -6.....</i>	37
1.3.6.	Elementos Activos/Pasivos de red.....	37
1.3.6.1.	<i>Elementos Activos</i>	37
1.3.6.2.	<i>Elementos Pasivos.....</i>	38
 CAPÍTULO II		
2	MARCO METODOLÓGICO.....	39
2.1	Introducción.....	41
2.2	Metodología de Investigación.....	41
2.2.1.	Tipos de Investigación	40
2.2.1.1.	<i>Investigación de Campo.....</i>	40
2.2.1.2.	<i>Investigación Bibliográfica.....</i>	40
2.2.2.	Técnicas	41
2.2.2.1.	<i>Fuentes Primarias.....</i>	41
2.2.2.2.	<i>Fuentes Secundarias:.....</i>	41
2.3.	Metodología para el Diseño	42
2.3.1.	Delimitación del área	42

2.3.2.	<i>Determinación del tipo de red</i>	43
2.3.3.	<i>Determinación del Ancho de Banda</i>	44
2.3.4.	<i>Topología de la red</i>	45
2.3.5.	<i>División del Sector Seleccionado</i>	46
2.3.6.	<i>Especificaciones de la fibra y cableado</i>	46
2.3.6.1.	<i>Tipos de uniones entre fibras</i>	46
2.3.6.2.	<i>Tipo de Conectores</i>	46
2.3.6.3.	<i>Cajas de Empalmes</i>	47
2.3.6.4.	<i>WDM-MUX (Multiplexor por División de Longitud de Onda)</i>	47
2.4.	Diseño de la Red	48
2.4.1.	<i>Esquema Físico de la red de acceso</i>	48
2.4.2.	<i>Red de Feeder</i>	49
2.4.3.	<i>Red de Distribución</i>	49
2.4.4.	<i>Red de Dispersión</i>	50
2.4.5.	<i>Red de Canalización</i>	51
2.4.6.	<i>Selección de Equipos</i>	51
2.4.6.1.	<i>OLT</i>	51
2.4.6.2.	<i>ONU</i>	52
2.4.6.3.	<i>Nodo Óptico</i>	53
2.4.6.4.	<i>Splitter</i>	54
2.4.6.5.	<i>Mangas</i>	54
2.4.6.6.	<i>Cajas de Empalmes</i>	55
2.4.6.7.	<i>Taps</i>	55
2.4.7.	Presupuesto Óptico	56
2.4.7.1.	<i>Atenuación</i>	57
2.4.7.2.	<i>Cálculo del balance de potencias</i>	59
CAPÍTULO III		
3	EVALUACIÓN Y RESULTADOS	61
3.1	Simulación	62
3.1.1.	<i>Descripción de la Herramienta</i>	61
3.1.2.	<i>Entorno Gráfico</i>	62
3.1.3.	<i>Simulación de la Red Acceso</i>	63
3.1.4.	<i>Terminal de línea óptico (OLT)</i>	63
3.1.5.	<i>Red Feeder</i>	65
3.1.6.	<i>Descripción del Equipo Receptor (ONU)</i>	66
3.1.7.	<i>Resultados de la Simulación</i>	67
3.1.8.	<i>OLT</i>	68

3.1.9.	Potencia	70
3.1.9.1.	Usuario más cercano	71
3.1.9.2.	Usuario más lejano	71
3.1.10.	Factor Q y Mínimo BER.....	72
3.1.10.1.	Usuario más cercano	72
3.1.10.2.	Usuario más lejano	73
3.1.11.	Diagrama de Ojo	74
3.2.	Servicios Triple Play.....	76
3.2.1.	Definición Triple Play	77
3.2.2.	Voz, Internet y CaTV.....	77
3.2.3.	Voz, Internet e IPTV.....	77
3.3.	Costo-Beneficio del Proyecto.....	78
3.3.1.	Costos de Inversión	78
3.3.1.1.	Costo de la Red Feeder	78
3.3.1.2.	Costo de la Red de Distribución	79
3.3.1.3.	Costo de la Red de Dispersión	80
3.3.1.4.	Costo de la Red de Canalización	80
3.3.1.5.	Costo Total de Equipos Activos	81
3.3.1.6.	Costo de la Red Total	81
3.3.2.	Beneficio del proyecto	82
CONCLUSIONES.....		82
RECOMENDACIONES.....		84
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Tipos de Estándares Fibra óptica	16
Tabla 2-1: Características Generales HFC	29
Tabla 3-1: <i>Versiones DOCSIS</i>	30
Tabla 1-2: <i>Determinación de Ancho de Banda</i>	44
Tabla 2-2: <i>Especificaciones del Equipo ONU</i>	53
Tabla 3-2: <i>Parámetros del Nodo óptico</i>	53
Tabla 4-2: <i>Pérdida introducida en las ventanas de operación de la fibra óptica</i>	56
Tabla 1-3: <i>Demanda de ancho de banda</i>	76
Tabla 2-3: <i>Costos de Red Feeder</i>	78
Tabla 3-3: <i>Costos de Red de Distribución</i>	79
Tabla 4-3: <i>Costos de Red de Dispersión</i>	80
Tabla 5-3: <i>Costos de Red de Canalización</i>	80
Tabla 6-3: <i>Costos Total de Equipos Activos</i>	81
Tabla 7-3: <i>Costos Total de la Red de Acceso</i>	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: <i>Características de Transmisión Medios Guiados</i>	6
Figura 2-1: <i>Características de Transmisión Medios No Guiados</i>	8
Figura 3-1: <i>Escenarios de la tecnología FTTx</i>	10
Figura 4-1: <i>Topologías FTTx</i>	11
Figura 5-1: <i>Estructura del Cable de Fibra óptica</i>	12
Figura 6-1: <i>Fibra Monomodo Índice Escalonado</i>	14
Figura 7-1: <i>Fibra Multimodo</i>	15
Figura 8-1: <i>Fibra Multimodo</i>	15
Figura 9-1: <i>Cable Estructura Holgada</i>	21
Figura 10-1: <i>Cable Estructura Ajustada</i>	21
Figura 11-1: <i>Cable ADSS</i>	22
Figura 12-1: <i>Cable Figura 8</i>	22
Figura 13-1: <i>Cable OPGW</i>	23
Figura 14-1: <i>Cable Armado</i>	23
Figura 15-1: <i>Estructura de Puertas</i>	24
Figura 16-1: <i>Tipos de Conectores</i>	25
Figura 17-1: <i>Tipos de Pulidos</i>	25
Figura 18-1: <i>Tipos de Empalmes</i>	26
Figura 19-1: <i>Componentes de HFC</i>	31
Figura 20-1: <i>Estructura del cable Coaxial</i>	34
Figura 22-1: <i>Atenuaciones</i>	36
Figura 23-1: <i>Estructura del Cable RG-500</i>	37
Figura 24-1: <i>Estructura del Cable RG-500</i>	37
Figura 1-2: <i>Delimitación de la zona</i>	43
Figura 2-2: <i>Diseño lógico de la red</i>	45
Figura 3-2: <i>Diseño Físico de la Red de Acceso</i>	48
Figura 4-2: <i>Cable de fibra óptica Feeder</i>	49
Figura 5-2: <i>Red Feeder</i>	49
Figura 6-2: <i>Red de Distribución</i>	50
Figura 7-2: <i>Red de Distribución</i>	50
Figura 8-2: <i>Red de Canalización</i>	51
Figura 9-2: <i>Optical Lineal Terminal</i>	52

Figura 10-2: <i>ONU</i>	53
Figura 11-2: <i>Splitter PLC 1:8</i>	54
Figura 12-2: <i>Manga</i>	55
Figura 13-2: <i>Planta Externa IPTV con HFC</i>	56

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1-3: <i>Software OptiSystem</i>	62
Grafico 2-3: <i>Entorno Gráfico</i>	62
Grafico 3-3: <i>Diseño de Red de Acceso</i>	63
Grafico 4-3: <i>Transmisor de Datos/Voz</i>	64
Grafico 5-3: <i>Transmisor de Video</i>	64
Grafico 6-3: <i>Receptor OLT</i>	65
Grafico 7-3: <i>Red Feeder</i>	66
Grafico 8-3: <i>Receptor de Datos/Voz</i>	66
Grafico 9-3: <i>Receptor de Video</i>	67
Grafico 10-3: <i>Transmisor de Upstream</i>	67
Grafico 11-3: <i>Señal Trasmitada por OLT</i>	68
Grafico 12-3: <i>Espectro de la Señal Óptica</i>	69
Grafico 13-3: <i>Espectro de la señal óptica resultante</i>	69
Grafico 14-3: <i>Espectro de la señal óptica</i>	70
Grafico 15-3: <i>Potencia de la señal óptica resultante transmitida por la OLT</i>	70
Grafico 16-3: <i>Potencia medida antes y después de la fibra óptica</i>	71
Grafico 17-3: <i>Potencia recibida en el equipo ONU</i>	71
Grafico 18-3: <i>Potencia recibida en el equipo ONU</i>	72
Grafico 19-3: <i>Q Factor</i>	72
Grafico 20-3: <i>Mínimo BER (Usuario más cercano)</i>	73
Grafico 21-3: <i>Q-Factor</i>	73
Grafico 22-3: <i>Mínimo Ber (Usuario más lejano)</i>	74
Grafico 23-3: <i>Señal recibida en el equipo ONU (ANT)</i>	74
Grafico 24-3: <i>Señal Recibida en la OLT desde la ANT</i>	75
Grafico 25-3: <i>Señal Recibida de la ONU desde el CSJ</i>	75
Grafico 26-3: <i>Señal Recibida en la OLT desde el CSJ</i>	76

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1	16
Ecuación 2-2	17
Ecuación 3-3	18
Ecuación 4-4	19
Ecuación 5-1	20
Ecuación 6-1	20
Ecuación 7-1	33
Ecuación 1-2	42

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. DIVSIÓN POR SECTORES

ANEXO B. FIBRA MONOMODO G.652.D

ANEXO C. PROYECTO CITY HALL

ANEXO D. NORMATIVA DE DISEÑO CNT

ANEXO E. RED DE DISTRIBUCIÒN AUTOCAD

ANEXO F. DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

ANEXO G: RESULTADOS DE VARIAS ONU´S

RESUMEN

La Presente investigación tuvo como objetivo diseñar y evaluar una red de acceso mediante tecnologías FTTx y HFC en una zona urbana utilizando OptiSystem para medir parámetro de eficiencia en la transmisión, el diseño se lo realizó para el proyecto City Hall ubicado en “La Concordia” provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Este proyecto tiene como finalidad que la red sea capaz de realizar transmisión bidireccional de información entre los usuarios y la red principal diseñada. Posteriormente se presentó la propuesta del diseño en AUTOCAD tomando en consideración criterios técnicos de ambas tecnologías lo que permitió determinar la mejor arquitectura para el diseño de la red.

Con la finalidad de validar el diseño se realizó la respectiva simulación en el software OptiSystem 14.0 donde se determina el funcionamiento de la red y los errores que pueden tener. Los resultados obtenidos en este proyecto se basan en el análisis del usuario más cercano y el usuario más lejano considerando parámetros como el presupuesto del enlace, factor Q y el BER (Tasa de error de bit) a través del diagrama de ojo siendo el principal indicador que garantiza la calidad del enlace de fibra óptica junto con el respectivo análisis económico indicando el costo beneficio del proyecto.

Se concluye que la red de acceso para el proyecto City Hall es viable y presenta un gran ancho de banda, de forma que se puede ofrecer convergencia de voz, datos y videos. Por lo tanto, se recomienda que el proyecto sea implementado debido a su seguridad de la red y baja inversión

Palabras Claves: <TECNOLOGIA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <REDES DE COMPUTADORAS>, < HÍBRIDO DE FIBRA-COAXIAL>, <COMUNICACIONES BIDIRECCIONAL>, < SIMULADOR (OPTISYSTEM)>, <EVALUACIÓN DE REDES DE COMPUTADORAS>

SUMMARY

The objective of this research was to design and evaluate an access network using fiber technologies up to X (FTTx) and hybrid Fiber-Coaxial (HFC) in an urban area using OptiSystem to measure parameters of efficiency in the transmission, the design is to made for the City Hall project located in "La Concordia" province of Santo Domingo de los Tsachilas. This project aims to make the network capable of making bidirectional transmission of information between users and the main network designed. Later, the design proposal in AUTOCAD was presented, taking into account technical criteria of both technologies which allowed what allowed determining the best architecture for the design of the network. In order to validate the design was carried out the simulation in the software OptiSystem 14.0 where it was determined the operation of the network and the errors it can have. The results obtained in this project are based on the analysis of the nearest user and the user farther considering parameters such as the budget of the link, factor Q and the rate of bit terror (BER) that were satisfactory and were visualized through of the eye diagram as the main indicator that guarantees the quality of the fiber optic link together with the respective economic analysis indicating the cost benefit of the project. It is concluded that the access network for the City Hall project is viable and has a great bandwidth, so that you can offer convergence of voice, data and videos. Therefore, it is recommended that the project be implemented due to its network security and low investment.

Key words: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <COMPUTER NETWORKS>, <FIBER HYBRID – COAXIAL>, <TWO-WAY COMMUNICATION>, <SIMULATOR (OPTISYSTEM)>, < EVALUATION OF COMPUTERS NETWORKS.>.

INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de aportar al estudio y avance del País con respecto a la tecnología en redes ópticas se propone realizar el diseño de una red de acceso FTTx y HFC para el proyecto “City Hall” perteneciente a La Concordia provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas para proveer servicios de telecomunicaciones de voz, video y datos a varias edificaciones nuevas que presentarán, ofreciendo un servicio de calidad a los usuarios concordenses. Este trabajo está formado de los siguientes capítulos:

En el capítulo I se presenta los antecedentes, la justificación, los objetivos, para posteriormente estudiar sus teorías y técnicas de diseño de ambas tecnologías, donde se investigó sus características, normas técnicas, protocolos y las diferentes arquitecturas que presentan ambas redes.

En el capítulo II se aborda los aspectos metodológicos en el que se detalla los tipos de investigación, métodos y técnicas utilizadas en el proyecto, seguidamente se describe la Metodología empleada en el desarrollo del diseño de la red de acceso, donde se empezó con un análisis de la red actual para el estudio de la demanda de usuarios, asimismo se determinó el dimensionamiento de la red y se seleccionó el tipo de red a utilizarse.

Posteriormente se analizó y se determinó la red canalización, red feeder, red de distribución y la red de dispersión para las nuevas edificaciones del proyecto, al terminar el capítulo se presenta el diagrama lógico de la red de acceso en el que se detalla el ancho de banda que se asignó a cada edificación.

En el capítulo III se describe el diseño físico de la red de acceso FTTx y HFC para proveer servicios de voz, video y datos donde se estructura en dos partes de la red, el canal de acceso del usuario más cercano y el canal de acceso del usuario más lejano de la zona urbana, lo cual se realiza las pruebas respectivas para comprobar el funcionamiento del proyecto y adicionalmente se utiliza el Software OptiSystem para comprobar los resultados haciendo énfasis al análisis del BER, a través del diagrama de ojo, por ser el indicador principal que garantizar la eficacia del enlace. Finalmente se ofrece la discusión e interpretación de los resultados y se presentan las conclusiones y recomendaciones.

ANTECEDENTES

En la actualidad, las comunicaciones por fibra óptica comienzan en la década de los años 70, instalándose un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después de haber realizado pruebas, se producían cantidades importante de este material.

En 1959 se estudia respecto a la luz en el campo de las telecomunicaciones enviando mensajes a altas velocidades sin limitar la cantidad. Después de varios años de investigación logran usar la luz como una fuente de información, lo que faltaba era conocer el medio en donde se debía desplazar, es por esto que en los años setenta se revoluciona los procesos de la fibra presentando una edición de la fibra transparente flexible como recurso para promover las señales ópticas. Como portadoras se utilizaban láser o diodos que generaban luz.

(Serna Lever, 2010), utilizó el diseño para dar optimización a las redes de fibra óptica con una mayor velocidad en la transmisión y efectividad en la utilización de la fibra óptica, logrando disminuir casi en su totalidad los ruidos e interferencias en la implementación de las redes, efectuando una comunicación eficaz. Se caracteriza a la fibra óptica con mejoras respecto a la velocidad y la capacidad de transmisión de datos, esto proporciona un alto beneficio para las empresas prestadoras de servicios y a los usuarios que emplean estos servicios. (López Elliot, 2016)

En el siglo XXI, la tecnología ha ido evolucionando a medida en que el internet ha ido aumentando su capacidad de tráfico. La cantidad de información descargada como cargada de la nube es el responsable de la necesidad de un aumento en el ancho de banda, conscientes de los inconvenientes que presentan las comunicaciones con fibra óptica respecto a interferencias, saturaciones y pérdidas de señal, conlleva a que las redes actuales no satisfagan en velocidad a los nuevos servicios multimedia que están apareciendo. (Pérez, Vebel; 2013)

Es por tal motivo que las grandes organizaciones mundiales de las telecomunicaciones como empresas proveedoras siempre buscan algo nuevo e innovador que pueda satisfacer con las necesidades del usuario, es por ello que permiten solucionar dichas falencias en el aspecto de infraestructura y medios de transmisión por citar una de ellas son las redes FTTX (Fibra hasta X) que prometen satisfacer la creciente demanda de ancho de banda en los terminales de usuario.

En los años 90 se introduce la fibra óptica a las redes de CATV, cuya misión principal es poder transmitir mayor capacidad de información de una manera más óptima y buscando una reducción de costos, de esta forma toda la red troncal de cable coaxial es reemplazada por fibra óptica, mientras que la red de distribución se mantiene con cable coaxial, marcando el inicio de un nuevo tipo de redes, las redes HFC que combina la velocidad y confiabilidad de la fibra óptica con la economía y ancho de banda del cable coaxial.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Mediante la utilización de OptiSystem se podrá realizar el diseño y evaluación de las tecnologías FTTX y HFC para mejorar parámetros de eficiencia de transmisión en el servicio de telecomunicaciones de la zona urbana del cantón la concordia?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Será que un diseño de red utilizando las tecnologías FTTX y HFC obtendrá mejores resultados?
- ¿Qué elementos de red se necesita en el diseño de ambas tecnologías?
- ¿Contribuye al mejoramiento de diseño de enlaces de transmisiones ópticas?
- ¿Con la simulación en el software OptiSystem será posible disminuir en lo posible los inconvenientes que puedan afectar la eficiencia del servicio?
- ¿Cuánto sería el costo beneficio al diseñar la red FTTH y HFC en la zona urbana de “La Concordia” ubicada en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas?
- ¿Se puede garantizar el mantenimiento adecuado de la red diseñada en la zona urbana para así preservar la estabilidad de las mismas y el servicio ininterrumpido?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Debido a la alta demanda por parte de los usuarios la tecnología en redes de alta velocidad ha evolucionado favorablemente dependiendo de las necesidades de los usuarios.

Con la finalidad de aportar al estudio y avance del País con respecto a la tecnología en redes ópticas, se propone realizar un diseño estructural utilizando FTTX y HFC, técnicas que se han implementado y desarrollado a nivel mundial por sus grandes ventajas, intentando así resolver y emprender el desarrollo tecnológico en la zona urbana de “La Concordia” ubicada en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas.

En la estructuración de la red, se utilizará las teorías y técnicas de diseño de las dos tecnologías y se determinará mediante la simulación, que las características del tipo de fibra, tecnologías empleadas y parámetros de dimensionamiento; en su conjunto forman una red robusta presta a brindar un servicio de alta calidad a la ciudad.

Al culminar el proyecto se justificará su heterogeneidad planteando las características, ventajas e inconvenientes y costo-beneficio de cada una de las opciones anteriormente mencionadas para la evaluación de esta red de acceso y de esta manera establecer su impacto a corto y largo plazo.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

El propósito de diseñar este tipo de tecnologías como son FTTX y HFC es utilizar materiales de fácil adquisición en nuestro medio y a costos reducidos. Además, este proceso ha permitido adquirir conocimientos en cuanto a teoría de propagación de señales, atenuaciones en el enlace, reflexión, amplificadores y medios de transmisión que facilita el desarrollo del proyecto.

Teniendo como finalidad realizar un estudio de las recomendaciones y requerimientos básicos para el diseño y evaluación de la red, en cuanto a capacidad, eficiencia y distancia, que será necesario contar con todos los elementos propios de un sistema coaxial y de fibra óptica para que; aplicando parámetros de dimensionamiento, procedimientos de planificación y técnicas de diseño se pueda realizar la simulación de red obteniendo resultados óptimos para la institución que requiere la propuesta.

Posteriormente se simulará dos partes de la red, el canal de acceso del usuario más cercano y el canal de acceso del usuario más lejano de la zona urbana, evaluado mediante los parámetros del simulador OptiSystem haciendo énfasis al análisis del BER, a través del diagrama de ojo, por ser el indicador principal que garantizar la eficacia del enlace.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y evaluar una red FTTX y HFC para medir parámetro de eficiencia en la transmisión de servicios en una zona urbana de “La Concordia” ubicada en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas mediante el simulador OptiSystem.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las diferentes tecnologías que permitan diseñar una red de acceso FTTX y HFC
- Identificar los elementos de red FTTX y HFC con mejores características para poder diseñar la red.
- Diseñar la red FTTX hasta la red Troncal y HFC desde la red de Distribución en la zona urbana de “La Concordia” ubicada en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Evaluar la red FTTX y HFC en la zona urbana de “La Concordia” ubicada en Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Determinar el costo beneficio en cuanto a los diferentes elementos que incluirán cada una de las redes para su posterior despliegue.
- Presentar la propuesta del diseño de la red FTTX y HFC para el GAD de La Concordia.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

1.1.1. Medios Guiados

Están constituidos por un cable que transmiten la señal en forma de impulsos eléctricos o lumínicos desde un extremo al otro. Las principales características son el tipo de conductor utilizado, la velocidad máxima de transmisión, las distancias máximas que puede ofrecer entre repetidores, la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, la facilidad de instalación, la capacidad de soportar diferentes tecnologías de nivel de enlace y su atenuación se rige por la ley de Ohm.

La velocidad de transmisión depende directamente de la distancia entre los terminales, si se utiliza enlaces punto a punto o multipunto los medios tendrán diferentes velocidades de conexión que se adaptarán a utilizaciones muy dispares. Su medio de conducción puede ser mediante cable par trenzados, cable coaxial y cables de fibra óptica. (Ruiz y Molina, 2010, p. 321, 377)

	Rango de frecuencias	Atenuación típica	Retardo típico	Separación entre repetidores
Par trenzado	0 para 3,5 kHz	0,2 dB/km @ 1 kHz	50 μ s/km	2 km
Pares trenzados (múltiples cables)	0 para 1 MHz	3 dB/km @ 1 kHz	5 μ s/km	2 km
Cable coaxial	0 para 500 MHz	7 dB/km @ 10 MHz	4 μ s/km	1 para 9 km
Fibra óptica	180 para 370 THz	0,2 para 0,5 dB/km	5 μ s/km	40 km

Figura 1-1: Características de Transmisión Medios Guiados

Fuente: (Romero M., 2005, p. 39)

1.1.1.1. Par Trenzado

El par trenzado es similar al cable telefónico, pero consta de 8 hilos trenzados dos a dos, identificados por colores para facilitar su instalación. Trenzados para reducir la diafonía, el ruido y la interferencia. La cantidad de datos que es capaz de transmitir, varían en función de la categoría del cable tenemos varios tipos:

- UTP (Unshielded Twisted Pair), par trenzado no apantallado.

- STP (Shielded Twisted Pair) par trenzado apantallado con malla de cobre.
- FTP (Foiled Twisted Pair) o ScTP (Screened UTP): par trenzado apantallado mediante folio de aluminio.

1.1.1.2. Cable Coaxial

Este cable transporta señales de alta frecuencia está formado por dos conductores que se compone de un hilo interno llamado núcleo, recubierto con una malla metálica conductora exterior separados por un dieléctrico o aislante. Transmite a una gran cantidad de datos debido a su gran ancho de banda y alta frecuencia; requieren de repetidores para no debilitar la señal al momento que exista un aumento de atenuación.

Se aplica en redes telefónicas análogas y digitales. Actualmente se usa en conexiones de televisión por cable. También se aplica a redes LAN con tecnología ethernet. ((Muñoz J., 2013, p. 7)

1.1.1.3. Fibra óptica

Fibra óptica elemento importante en la transmisión de información, es un conductor de ondas en forma de filamento de vidrio, plástico u otro material transparente con alto índice de refracción. El cable de fibra está compuesto por el núcleo, manto, recubrimiento, chaqueta y tensores. Se requiere de dos filamentos para una comunicación bidireccional (Transmisor y Receptor). Lo que se transmite son pulsos de luz que indican los bits y también la intensidad de luz indican la diferencia de bits. (Martín Pereda, 2005, p)

1.1.2. Medios No guiados

Este tipo de comunicación se denomina Comunicación Inalámbrica transportan ondas electromagnéticas sin usar un conductor físico. Cubre grandes distancias hacia cualquier dirección. La transmisión y recepción se realiza por medio de antenas, las cuales deben estar alineadas cuando la transmisión es direccional, o si es omnidireccional la señal se propaga en todas las direcciones.

Las señales no guiadas pueden viajar del origen al destino de formas diferentes: en superficie, aire y en línea de visión.

1.1.2.4. Infrarrojo

Se interconecta transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente, debe estar alineados directamente en una superficie. Operan en bandas de frecuencias que van desde 300Ghz hasta 384 Thz. Son incapaces de atravesar objetos sólidos por lo que están indicadas para transmisiones de corta distancia. (Ruiz y Molina, 2010, p. 329, 377)

1.1.3. Técnicas Multicanalización

Las técnicas de multiplexación como el transporte de la señal se realiza en el dominio del óptico tal sea por OTDM o WDM sirven para mejorar el rendimiento de estos sistemas, de manera que se aproveche al máximo todos los parámetros ópticos y geométricos para así aumentar el volumen y la capacidad del canal. A continuación, se describen dos técnicas de multicanalización:

1.1.3.1. Multicanalización por División de Tiempo

Las señales se multiplexan en el tiempo en el dominio óptico de manera que solo una fibra puede transmitir varias señales digitales multicanalizadas temporalmente, cada canal puede transmitir sus datos en un instante de tiempo previamente asignado. Por lo tanto, el autor plantea que la asignación de tiempos para cada señal sirve en la recepción para identificar la fuente que envía el mensaje.

La multicanalización temporal TDM (Time División Multiplexing) puede hacerse bit por bit o bien en forma de paquetes que incluyen códigos de señalización y de identificación de fuente. (Ilbay H., 2002, p. 6).

1.1.3.2. Multicanalización por División en Longitud de Onda

Es una técnica más madura y de mayor potencial para las comunicaciones de banda ancha, por ello las señales se multiplexan en longitud de onda (frecuencia) en el dominio óptico.

“Consiste en la transmisión de dos o más flujos de información simultáneos sobre una misma fibra, en el mismo sentido u opuesto, y utilizando distinta longitud de onda en cada caso” (Ilbay H., 2016, p. 6).

1.2. Tecnología FTTx

La tecnología de telecomunicación FTTx viene del inglés (Fiber to the x) con lleva una serie de técnicas de acceso basadas para describir las arquitecturas que utilizan fibra óptica en las distintas configuraciones desplegadas, diferenciándose por la ultima letra “x” utilizada para indicar que tan cercana estará la fibra de los distintos puntos de terminación. Su medio transmisión combina la fibra óptica y par de cobre trenzado. En la siguiente figura muestra los escenarios de la tecnología FTTx. (Quispe y Vinueza, 2010, p.20).

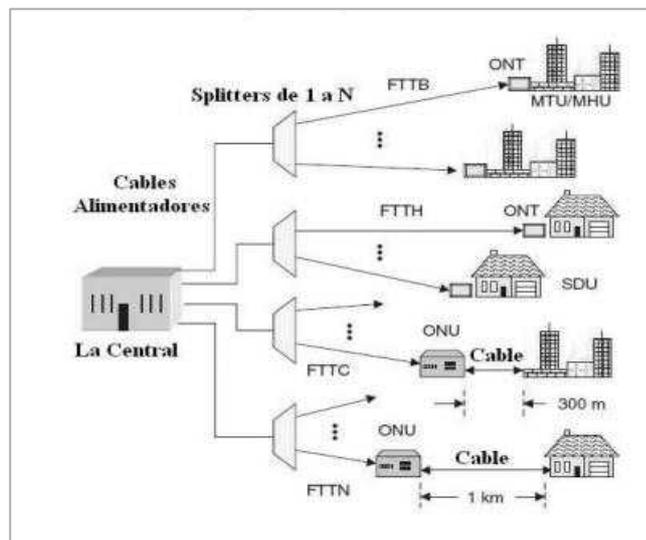


Figura 3-1: Escenarios de la tecnología FTTx.

Fuente: Fernández L., 2011, p.15.

La tecnología FTTx posee la capacidad de más ancho de banda en términos de transmisión y resistencia al ruido a la proximidad del usuario final que proveen servicios Triple Play como (voz, datos y video); además su sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva, es decir, su arquitectura puede ser punto a punto o punto a multipunto. A continuación, se describen: (Carmona y Montes, 2009, p. 55)

1.2.1. Topologías FTTx

1.2.1.1. FTTB

Fibra hasta el edificio (*Fiber to the Building*), cuando la fibra de acceso llega hasta un edificio residencial o de negocios. Este tipo de comunicación de fibra óptica se aplica

1.2.1.2. FTTN

Fibra que llega hasta el vecindario, desde la central hasta el edificio dando servicio a 500 y 1000 usuarios, con distancias de entre 1.5 y 3 km.

1.2.1.3. FTTC

Su servicio es compartido por varios abonados pertenecientes a una manzana de edificios o área urbana. Da servicios entre 200 y 500 usuarios, su distancia comprende desde la central hasta el edificio de entre 300 y 600 m y luego se unen todos los abonados cercanos mediante cobre. El despliegue de cobre es mayor que en la variante FTTB.

1.2.1.4. FTTH

(Fibra hasta el hogar) Su comunicación llega hasta el hogar del abonado directamente desde el nodo de servicio. Se puede decir que es la más adecuada de todas las variantes para ofrecer transmisión de datos a alta velocidad, ya que el despliegue de la línea de fibra, ocupa todo el camino de la comunicación, no se utiliza en ningún punto cable de cobre.

Al interior de la vivienda su distribución se la realiza mediante cable UTP, cable coaxial, redes Wireless entre otras.

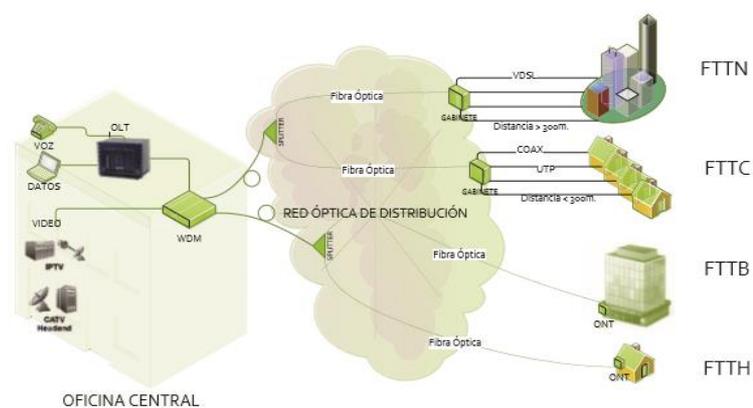


Figura 4-1: Topologías FTTx
Fuente: (Cevallos y Coronel, 2014, p. 10)

1.2.2. Fibra Óptica

Fibra óptica elemento importante en la transmisión de información, es un conductor de ondas en forma de filamento de vidrio, plástico u otro material transparente con alto índice de refracción. El cable de fibra está compuesto por el núcleo, manto, recubrimiento, chaqueta y tensores. Se requiere de dos filamentos para una comunicación bidireccional (Transmisor y Receptor). Lo que se transmite son pulsos de luz que indican los bits y también la intensidad de luz indican la diferencia de bits. (Martín Pereda, 2005)

1.2.2.1. Estructura de la Fibra Óptica

Se constituye por tres partes principales que son: núcleo, revestimiento y recubrimiento primario

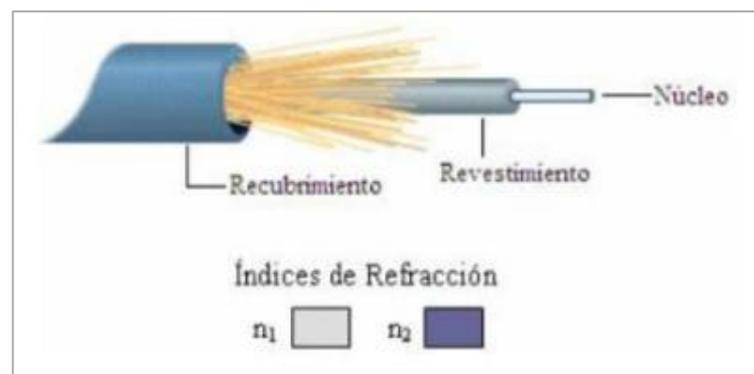


Figura 5-1: Estructura del Cable de Fibra óptica
Fuente: (Alulima y Paladines, 2014, p. 6)

1.2.2.1.1. Núcleo

Es la parte más interna e importante de la fibra óptica encargada de transmitir la señal óptica hasta el dispositivo receptor, formada de una sola fibra continua de vidrio fabricada de dióxido de Silicio (SiO_2) o dióxido de Germanio (GeO_2). Su diámetro varía según el tipo de fibra, comprendido entre $8 \mu\text{m}$ a $125 \mu\text{m}$; mientras mayor es el diámetro del núcleo, mayor será la cantidad de luz a transportar.

1.2.2.1.2. . Revestimiento

Es la segunda capa encargada de cubrir al núcleo, fabricada del mismo material, pero con índice de refracción menor al núcleo; lo cual actúa a modo de espejo haciendo que la luz se refleje en el revestimiento, reteniéndose en el núcleo produciendo la reflexión total interna, obteniendo una vida más útil de la fibra.

1.2.2.1.3. Recubrimiento Primario

Es la tercera capa encargada de resguardar a las dos capas anteriores de posibles deterioros futuros; sus varias capas de plástico brindan resistencia a la fibra para su tendido en agentes externos. (Alulima y Paladines, 2014: p. 6,7)

1.2.3. Principios de Propagación

El principio de operación de la fibra óptica consiste en hacer incidir un haz de luz en el núcleo en cierto ángulo, para que la luz “rebote” entre el revestimiento y el núcleo, efecto conocido como Reflexión Interna Total.

El principio de transmisión de impulsos luminosos dentro de la fibra óptica se basa en dos propiedades la refracción y la reflexión. Dado que el recubrimiento no absorbe la luz existente en el núcleo, el haz puede transportarse a grandes distancias. La cantidad de luz que se puede inducir en el núcleo, es directamente proporcional a la eficiencia de la fibra óptica, es decir: a mayor cantidad de luz, menor índice de pérdida de información, ya que llega más luz al destinatario. Con base en lo anterior, los principales factores que pueden afectar la eficiencia de la fibra óptica son el tamaño, la composición y el modo de propagación de la luz.

1.2.3.1. Modos de propagación en la fibra óptica

La fibra óptica se puede clasificar de acuerdo al modo de propagación que está estrechamente relacionado con el diámetro del núcleo, que puede ser fibra Multimodo o Monomodo.

1.2.3.1.1. Fibra Monomodo

La fibra monomodo propaga un solo haz de luz en línea recta, su núcleo es de menor diámetro comparado con la fibra multimodo. Esta fibra tiene la capacidad de transmitir el mayor ancho de banda siendo ideales para enlaces de largas distancias; así mismo elimina la atenuación por dispersión modal disminuyendo el ruido; su desventaja es que tienen un mayor costo y son difícil de maniobrar. (Hipatia, I, 2016: p. 9).

1.2.3.1.1.1. Fibra Monomodo de Índice Escalonado

Eran las primeras fibras ópticas, se las conoce como SSMF (*Standard Single Mode Fiber*). Disponen de un núcleo pequeño (8 μm a 10 μm) con mínima dispersión de manera que solo hay un camino donde se propaga el haz de luz, por lo cual toman el mismo tiempo en llegar a su destino. (Cevallos y Coronel,2014: p. 9)

Su perfil de refracción mantiene constantes los índices de refracción (n_1 y n_2)

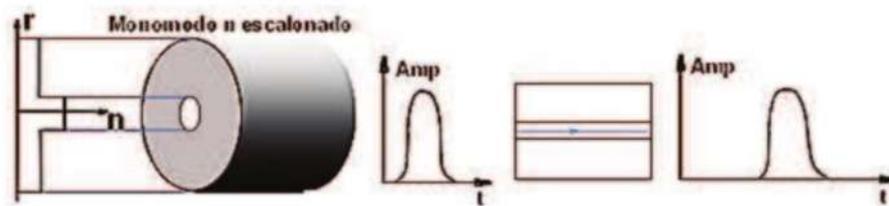


Figura 6-1. Fibra Monomodo Índice Escalonado

Fuente: (Cevallos y Coronel,2014: p. 9)

1.2.3.1.2. Fibra Multimodo

La fibra multimodo se propaga por varios modos o rayos de luz en distintos ángulos por tener mayor diámetro de núcleo con relación al núcleo de la fibra monomodo. Su ancho de banda es más dependiente de sus longitudes superiores a los 2 km, de este modo es posible alcanzar un régimen de datos de hasta 100 Mbps, por lo tanto, aplican para distancias cortas, como especifican los fabricantes de equipos ópticos.

1.2.3.1.2.1. Fibra Multimodo de Índice Escalonado

El comportamiento respecto a su perfil de refracción es similar al anterior, excepto por su núcleo que es mayor ($50\mu\text{m}$ a $200\mu\text{m}$), por lo cual pueden propagarse dentro de la fibra un mayor número de haz de luz en variados caminos su tiempo de transmisión no será el mismo dependerá del camino que el haz de luz siga. Su índice de refracción es superior al de la cubierta (Cevallos y Coronel, 2014: p. 9)

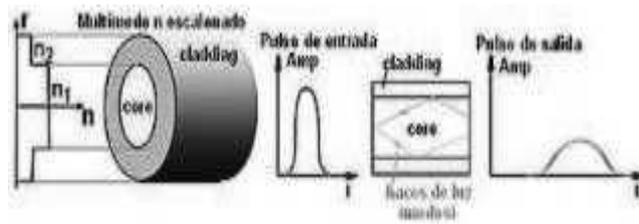


Figura 7-1: Fibra Multimodo
Fuente: (Cevallos y Coronel, 2014: p. 9)

1.2.3.1.2.2. Fibra Óptica Multimodo de Índice Gradual

El perfil de estas fibras no mantienen un índice de refracción constante en el núcleo, sino que introduce una reducción gradual de en el núcleo haciendo que los haces de luz no reboten sino realicen disminución de los ensanchamientos de los pulsos.

Si un haz de luz se propaga de forma diagonal al núcleo, atraviesa constantemente regiones de mayor y menos densidad y viceversa, por ende, los haces de luz son refractados constantemente, resultando una reflexión de estos haces de luz.

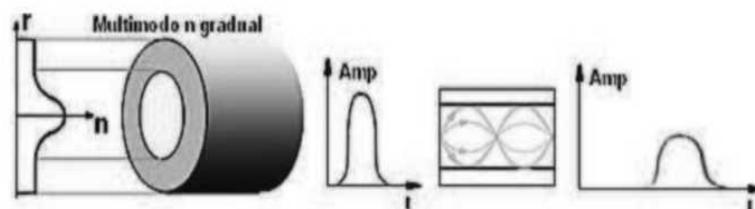


Figura 8-1: Fibra Multimodo
Fuente: (Cevallos y Coronel, 2014: p. 10)

1.2.3.2. Por Estándares ITU-T de fibra óptica

Estas normas son establecidas por la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones), el cual es uno de los organismos más importantes en la estandarización aspectos relacionados con las telecomunicaciones a nivel mundial. Se enfocará en 7 normas de serie G, dado que en estas

hacen referencia a los Sistemas de medios de transmisión y redes digitales para cables de fibra óptica

El comportamiento de la fibra necesaria para su aplicación será mediante los parámetros propios de la fibra y del sistema. Consecuentemente, se hace referencia al diámetro del campo modal, su longitud de onda de corte, la dispersión cromática, la longitud de onda de trabajo del sistema y de la velocidad binaria/frecuencia de funcionamiento. (Cabezas y Pinto, 2014, p. 142)

Tabla 1-1: Tipos de Estándares Fibra óptica

<i>Tipo de fibra</i>	<i>Atenuación</i>	<i>Longitud de Onda de Tx</i>	<i>Diámetro de Núcleo/Revestimiento</i>	<i>Tipo de Propagación</i>	<i>Radio de Macro curvatura</i>
<i>ITU-T G.651</i>	<i>0.3 dB/Km</i>	<i>850/1310 nm</i>	<i>50/245μm</i>	<i>Multimodo</i>	<i>30mm</i>
<i>ITU-T G.652</i>	<i>0.5 dB/Km</i>	<i>1310/1550nm</i>	<i>8 a 10/125μm</i>	<i>Monomodo</i>	<i>30mm</i>
<i>ITU-T G.653</i>	<i>0.35 dB/Km</i>	<i>1550nm</i>	<i>7.8 a 8.5/125μm</i>	<i>Monomodo</i>	<i>30mm</i>
<i>ITU-T G.654</i>	<i>0.22 dB/Km</i>	<i>1550nm</i>	<i>9.5 a 10.5/125μm</i>	<i>Monomodo</i>	<i>30mm</i>
<i>ITU-T G.655</i>	<i>0.4 dB/Km</i>	<i>1550/1625nm</i>	<i>8 a 11/125μm</i>	<i>Monomodo</i>	<i>30mm</i>
<i>ITU-T G.656</i>	<i>0.35dB/Km</i>	<i>1550/1625nm</i>	<i>7 a 11/125μm</i>	<i>Monomodo</i>	<i>30mm</i>
<i>ITU-T G.657</i>	<i>0.4 dB/Km</i>	<i>1310/1550nm</i>	<i>8 a 7/125μm</i>	<i>Monomodo</i>	<i>30mm</i>

Fuente: Alulima y Paladines, 2014, p. 9.

1.2.4. Parámetros de Transmisión en la Fibra Óptica

Se describen los parámetros principales al momento de transmitir la fibra óptica, Son características de la fibra que afectan la progresión de la señal a través de la misma.

1.2.4.1. Atenuación

La atenuación es pérdida de energía conforme aumenta la distancia de modo que se atenúa su haz de luz al desplazarse de un extremo a otro por la fibra; como en los demás medios de transmisión, se expresa en decibelios (dB) y se mide como tasa de perdida por unidad de distancia (Db/Km). La relación que se usa para comparar dos niveles de potencia se puede definir como el cociente entre la potencia entrada P_i y la potencia de salida P_o de la fibra por unidad de longitud, está definición se muestra en la ecuación 1-1.

$$\alpha_{dB}L = 10\log_{10} \frac{P_i}{P_o} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Donde α_{dB} es la atenuación por unidad de longitud y L es la longitud de la fibra.

Al comprender su definición de la atenuación nos queda por conocer los factores que la produce, se la clasifica en dos categorías Intrínsecas (Pérdida inherente a la fibra) y Extrínsecas (Pérdida por curvatura de la fibra). (Sendra J. y López L., 2001, pp. 25-26; Hipatia I, 2016, p. 14) .

1.2.4.2. Dispersión

La dispersión provoca un ensanchamiento del pulso en el tiempo que aumenta con la longitud de la fibra; a lo largo de su segmento de transmisión ocurre porque el haz de luz viaja a velocidades diferentes y dependerá del modo de propagación y del ancho espectral de la fuente. Se mide en incrementos de ensanchamiento de pulso por unidad de distancia, expresado en (Ps/km). Posteriormente se detalla los tipos de dispersión respecto a su modo y su ecuación cuadrática. (Coimbra E., 2011, p. 3-4).

$$\sigma^2 = \sigma_m^2 + (\sigma_e + \sigma_g)^2 \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde la dispersión total se basa en la suma cuadrática entre la dispersión intermodal σ_m y la cromática donde se suma de modo lineal la dispersión del material σ_e y la dispersión por guía de onda σ_g .

1.2.4.2.1. Dispersión Modal

Conocida también como *dispersión Intermodal* (σ_m), al darse retardos de propagación entre distintos modos no afecta a las fibras monomodo sino a las fibras multimodo MM por su propagación multimodo que constituyen pulsos de luz que van en diferentes caminos por la fibra y finalizan con diferencias de tiempos del modo más rápido al más lento, causando el ensanchamiento del pulso a su llegada.

Las fibras MM de índice escalonado tienen la dispersión más alta que las fibras MM de índice gradual. (Sendra J. y López L., 2001, p. 39)

1.2.4.2.2. *Dispersión Cromática*

Este tipo de dispersión se le conoce como *Dispersión Intramodal* (σ_e) se produce tanto en fibra monomodo y multimodo, varía en la velocidad de la luz acorde a la longitud de la onda que a su vez hace que la señales laser se amplíen cuando viaja a través de la Fibra Óptica.

Esto resulta en una superposición de pulso que se referencia al introducir una señal al principio del enlace compuesta en varias longitudes de ondas, el efecto total sobre la envolvente de pulso es un ensanchamiento con relación a su anchura inicial y sus diferencias de velocidades; el fenómeno de la dispersión Cromática se forma con la suma de estos dos mecanismos:

1.2.4.2.2.1. *Dispersión Material*

Es el carácter dispersivo del dieléctrico o material que emite dentro de cada fibra una nueva dispersión causada por el ancho de banda espectral con diferente velocidad para cada longitud de onda del medio dado.

Por lo tanto, se define el coeficiente de dispersión del material de la siguiente forma.

$$\sigma_{e'} = \frac{\mathcal{M}(\lambda) * \Delta\lambda * l}{2.35} [ns] \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Siendo:

- $\sigma_{e'}$ Dispersión espectral
- $\Delta\lambda$ Ancho de longitud de onda
- l Longitud de la fibra

Por ello al aumentar la longitud de la fibra, incrementa la dispersión, cabe señalar que si en núcleos de Silicio (SiO_2) tenemos una longitud de onda próxima a 1300nm, se deduce la anulación de su dispersión al igual que el coeficiente de dispersión. Por lo tanto se recomienda trabajar con velocidades más altas a 34Mbits y trabajar en segunda ventana para compensar el alto valor de $\Delta\lambda$, con el bajo valor del coeficiente de dispersión $\mathcal{M}(\lambda)$. (Bonilla y Gonzalez, 1999, pp. 60-64).

1.2.4.2.2.2. *Dispersión por Guía de Onda*

El efecto que sobre la constante de propagación tiene el hecho de embutir el dieléctrico en una estructura de guía de onda, es provocada por los parámetros ópticos y geométricos de la fibra, por ello la configuración de la guía generalmente es por cada longitud de onda corresponde a un índice de refracción distinto, de manera que la trayectoria que se asocia será diferente al ángulo que preside los caminos recorridos con relación a la dispersión del material.

$$\sigma'_g = \frac{-G(\lambda) * \Delta\lambda * l}{2.35} [nS] \quad \text{Ecuación 4-1}$$

Se Aproxima el valor de G

$$G(\lambda) = \frac{\lambda}{4\pi^2 a^2 N_1} \left[\frac{ns}{Km * nm} \right] \quad \text{Ecuación 5-1}$$

Al describir sus fórmulas, nos muestran que G tiende a disminuir y que su signo (-) nos indica que actúa en sentido contrario en comparación con la dispersión del material, por ello si aumenta el radio de fibra (a) transmite más modos con valores en el orden de 0.5 (ps/km.nm) (Bonilla y Gonzalez, 1999, pp. 65-66).

1.2.4.2.3. *Dispersión de Modo de Polarización (PMD)*

Esta dispersión actúa en enlaces de fibras monomodo SM de largas distancias y velocidades superiores a 10 Gbps, además tienen diferentes índices de refracción lo cual produce que dos modos de polarización originados en la fibra viajen a distintas velocidades en diferentes tiempos a su destino.

Cuando fibra óptica se propaga en un material birrefringente se originan dos polarizaciones ortogonales entre sí y perpendicular a la dirección de propagación dando como resultado una dispersión temporal de la señal transmitida. Esta dispersión afecta negativamente a una señal modulada se traduce en tiempos de recepción de la señal mayores o menores que el tiempo promedio de recepción que finalmente se traducen en errores de la señal recibida.

Respecto a su medición, se debe realizar durante el proceso de cableado y después de la instalación a causa de los puntos de tensión y curvaturas que emiten dispersiones a este tipo. Por lo cual se la debe considerar como una distribución de retardos. (Zamora H., 1996, pp. 1-3).

$$\delta_{\tau} = \Delta h \sqrt{l/h} \quad \text{Ecuación 6-1}$$

Donde: Δh Ensanchamiento cuadrático medio de distribución de retardos

δ_{τ} Dispersión de Polarización

h Longitud de acoplamiento

l Largo de la fibra.

1.2.4.3. Dispersión por Curvatura

1.2.4.3.1. Macro doblajes

Son deformaciones de la fibra óptica al momento de su instalación, son básicamente curvaturas de cierto radio que deforman las paredes laterales de la fibra provocando atenuaciones y pérdidas de señal si sobrepasan el radio de curvatura crítico (>2mm de radio).

1.2.4.3.2. Micro doblajes

Se producen principalmente durante el proceso de fabricación de la fibra óptica, también ocurre por variaciones de dimensionamiento del núcleo del cable causado por las variaciones de temperatura a la salida de la señal de luz del núcleo. Una fuerza externa puede causar este tipo de doblaje, causando un cambio en la trayectoria o propagación de los rayos de luz. (Ilbay H., 2016, p. 12)

1.2.5. Tipos de cables en fibra óptica

1.2.5.1. Cable de Estructura Holgada

Este tipo de cable está rodeado de una cubierta protectora formado de una serie de tubos de 2 a 3 milímetros de diámetro que rodean un miembro central de refuerzo, cubierto de un gel resistente al agua que impide el ingreso a la fibra. Respecto a las instalaciones son mayoritariamente exteriores en entornos agresivos. (Hipatia I., 2016, p. 10).

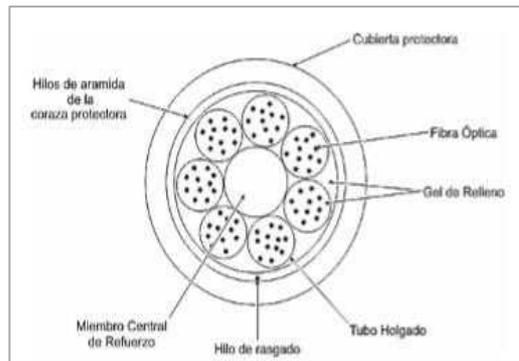


Figura 9-1: Cable Estructura Holgada

Fuente: (Cevallos y Coronel, 2014, p. 25).

1.2.5.2. Cable de Estructura Ajustada

Este tipo de cable son envueltos por un recubrimiento secundario de 900 μm dando un soporte adicional, lo cual estas fibras son conectorizadas directamente evitando la utilización de cajas para empalme. A menudo es utilizado en instalaciones interiores en entornos verticales. (Cevallos y Coronel, 2014, p. 24).

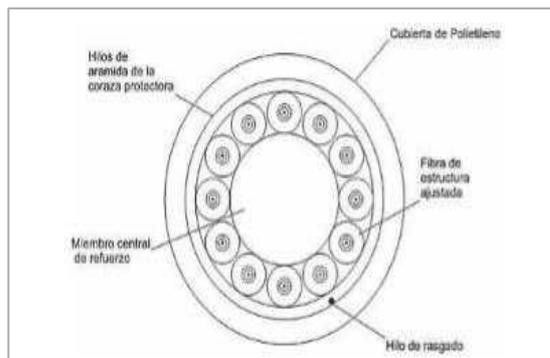


Figura 10-1: Cable Estructura Ajustada

Fuente: (Cevallos y Coronel, 2014, p. 24)

1.2.5.3. Cable para tendido Aéreo

1.2.5.3.1. Cable ADSS (All Dielectric Self Supporting)

En su interior tiene elementos protectores que provee al cable el soporte y la seguridad requerida, se debe a los herrajes utilizados para su tendido como lo muestra la figura 7-1.

Se caracteriza por su aramida cuyas cadenas moleculares están altamente orientadas al eje longitudinal lo que permite no tener ni una sola parte metálica, por ello prescinde de un cable mensajero perfecto para distancias largas como carreteras, ríos, etc. (Cevallos P., 2014, p. 22)

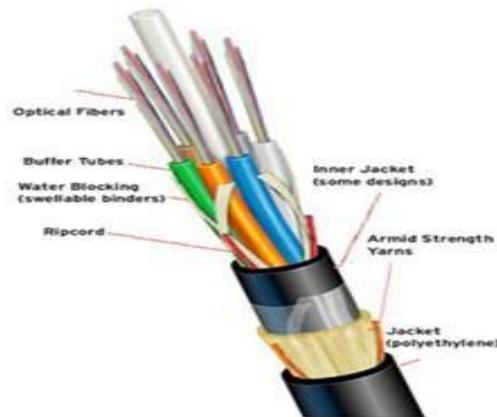


Figura 11-1: Cable ADSS
Fuente: <http://slideplayer.es/slide/1646663/>

1.2.5.3.2. Cable Figura 8

Este tipo lleva su nombre debido a la forma del cable posee propiedades mecánicas y ambientales, ideales para la instalación aérea en un solo paso, optimizando costes de instalación y sujeción de postes. En cuanto a su estructura es de acero formado por 7 hilos de alambre de grosor 2.0mm ofreciendo una excelente resistencia de fuerza de tracción y resistente a la corrosión (Cevallos y Coronel, 2014, p. 25)

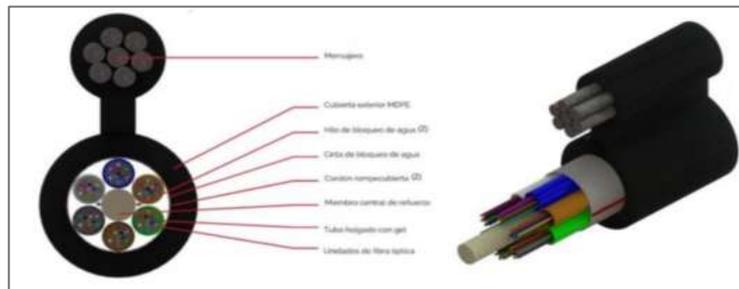


Figura 12-1: Cable Figura 8
Fuente: <http://www.fibrasopticasdemexico.com/fichas/fospc-xxx-x-f8sjad-1-4.pdf>

1.2.5.3.3. Cable OPGW

Es un cable compuesto de tierra óptico que tiene fibras insertadas en el interior de un tubo de aluminio en el núcleo central del cable. Es requerido comúnmente en las zonas eléctricas para comunicaciones a largas distancias de hasta 10km para enviar líneas de alto voltaje, es debido a la manera en que están protegidas y rodeadas por pesados cables de tierra. (Cabezas y Pinto, 2014, p. 96)



Figura 13-1: Cable OPGW
Fuente: (Cevallos y Coronel, 2014, p. 27)

1.2.5.4. Cable Submarino

1.2.5.4.1. Cable con Armadura

El cable armado es usado en ambientes mecánico rigurosos sean daños físico o químicos que soporta otros tipos de condiciones, como por ejemplo humedad, aplastamientos, presencia de roedores etc.

Como se muestra en la Figura 6-1, provee una gran resistencia con revestimientos de cinta de acero lisas, cintas corrugadas de acero; lo cual genera un riesgo eléctrico y reduce la confiabilidad del cable.



Figura 14-1: Cable Armado
Fuente: (Cevallos y Coronel, 2014, p. 27)

1.2.6. Elementos de Interconexión

1.2.6.1. Splitters

Son divisores ópticos con distribución bidireccional que dividen la potencia recibida entre las señales que se envía desde las ONT y se combinan en el divisor hasta llegar al OLT. Así mismo, las señales que resultan del OLT se dividen entre los puertos de salida a los divisores hasta llegar a la ONT correspondiente

La estructura de puertas es NxM (número de entrada y número de salida), en distintas longitudes de onda para segunda y tercera ventana (1310 y 1550 nm) debido a la multiplexación y demultiplexación de la señal. (Prieto J., 2014, pp 10-12)

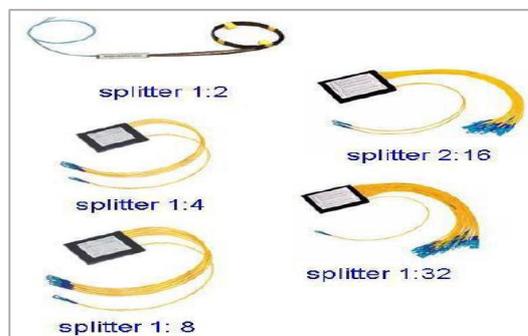


Figura 15-1: Estructura de Puertas

Fuente: (Gómez M. y Morejón A., 2012, p. 46)

1.2.6.2. Conectores

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, fuente de luz, o un transmisor/receptor. Los conectores recolectan y dirigen la luz, son fácilmente acoplados y desacoplados de los dispositivos a los que se conectan.

Los tipos de conectores disponibles son muy variados, la elección del conector depende del tipo de dispositivos que se manejan y la aplicación en la que se va a utilizar. (Ilbay H., 2016, p. 13). A continuación, mostraremos varios tipos de conectores y su aplicación:

- **FC.** - Se utiliza en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- **FDDI.** - Se usa en redes de fibra óptica.
- **SMA.** – Se utiliza en transmisiones de radio frecuencia
- **LC y MT-Array.** – Para transmisiones de alta densidad de datos.
- **ST o BFOC.** – Usados en redes de edificios y en sistemas de seguridad

1.2.6.3. Empalmes

Es una técnica que se utiliza para incrementar el alcance de una red de fibra que se emplea para unir dos fibras en una conexión baja en pérdidas mediante el uso de pigtailed.

- **Empalme por Fusión.** - Está técnica consiste en unir con precisión dos fibras permanentes por medio de un instrumento denominado fusionadora. Las fibras fusionadas generan bajas pérdidas y alta fiabilidad se emplea generalmente en fibra monomodo, su valor aceptable por cada fusión deber ser menor a 0.1 dB (Acosta C., 2012, p.15)
- **Empalme Mecánico.** - Los empalmes mecánicos alinean dos fibras desnudas de manera precisa y las asegura con elementos mecánicos cubiertos de epoxi o resina sintética. Se los utiliza para restauraciones temporales y en empalmes de fibras multimodo. Después de realizar el empalme se debe proteger de daños causados por roedores o condiciones ambientales extremas con maguitos metálicos, termo retráctiles y plásticos. (Cabezas y Pinto, 2014, p. 56)
- **Empalme por Adhesión.** -Consiste en insertar las fibras en un mecanismo de alineación y luego son unidas con un adhesivo epóxico, este material sirve como elemento de unión, y como adaptador de índices de refracción. Se puede optimizarse mediante rotación de una de las fibras, las pérdidas de inserción van de 0.1 a -0.5 dB. (Ilbay H., 2016, p.15)



Figura 18-1: Tipos de Empalmes

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/11618870/>

1.2.6.4. Mangas de Conexión

Son bandejas especiales para alojar los empalmes de fibra óptica, permiten la acumulación de longitudes adicionales de fibra óptica. Las mangas protegen los empalmes ante diferentes condiciones ambientales que se presentan en el lugar de instalación, adicionalmente deben soportar esfuerzos de tracción, compresión, flexión e incluso torsión (González y Becerra, 2016, p. 53).

1.2.6.5. Herrajes

Son componentes que permiten fijar el paso de cualquier tipo de cable, existen varias categorías de herrajes según sea el uso. En el caso de fibra óptica se usan dos tipos de herrajes para un tendido aéreo de los cuales existen dos clases:

- **Herrajes tipo A** se colocan en el poste por donde pasa el tendido de fibra óptica, que realiza el paso en un ángulo menor a 180 grados, este tipo de herrajes se colocan en el inicio y fin de trayecto.
- **Herrajes tipo B** se colocan en el poste por donde pasa el tendido de fibra óptica, en línea recta con tramos menores de 90 metros.
- **Herrajes de pozo** son kits de accesorios que facilitan el tendido de fibra óptica dentro ductos subterráneos, permiten sujetar el cable a la pared y sostener el peso para facilitar el ordenamiento, la revisión y reparación de la fibra óptica (González y Becerra, 2016, p. 50).

1.2.7. Dispositivos Ópticos

1.2.7.1. Fuentes de Luz

Una fuente óptica debe tener como mínimo las siguientes características, cuyo fin es optimizar la potencia lumínica que se entrega a la fibra óptica y permitir que la energía se propague a través de ella sin distorsiones en el receptor:

- Mínima anchura espectral ($\Delta\lambda$)
- Máxima coherencia espacial
- Potencia óptica suficiente

1.2.7.2. Detectores de luz

Se fundamenta en el fenómeno opuesto a la recombinación, es decir, en la generación de pares electrón-hueco a partir de los fotones. El tipo más sencillo de detector corresponde a una unión semiconductor P-N.

Las condiciones que debe cumplir un fotodetector para su utilización en el campo de las comunicaciones, son las siguientes:

- La corriente inversa (en ausencia de luz) debe ser muy pequeña, para así poder detectar señales ópticas muy débiles (alta sensibilidad).
- Rapidez de respuesta (gran ancho de banda).
- El nivel de ruido generado por el propio dispositivo ha de ser mínimo.

1.2.7.2.1. Detectores PIN

Su nombre viene de que se componen de una unión P-N y entre esa unión se intercala una nueva zona de material intrínseco (I), la cual mejora la eficacia del detector. Se utiliza principalmente en sistemas que permiten una fácil discriminación entre posibles niveles de luz y en distancias cortas.

1.2.7.2.2. Detectores APD

El mecanismo de estos detectores consiste en lanzar un electrón a gran velocidad (con la energía suficiente), contra un átomo para que sea capaz de arrancarle otro electrón.

1.3. Tecnología HFC

Las redes HFC, son redes de acceso cableadas terrestres, basados en sistemas híbridos que combinan tramos de fibra óptica con otro tramo de cable coaxial, al combinarlas generan cualidades como bajas pérdidas e interferencias en la fibra, bajo coste, sencillez de instalación y conexión del cable coaxial. Generalmente las redes de televisión por cable (CaTV) utilizan esta tecnología de acceso.

Estos sistemas son transparentes al tipo de modulación en toda la banda de frecuencias y en ambas direcciones; se tramite e distribuye cualquier tipo de señal de este modo se optimiza la interconectabilidad y la interoperabilidad.

Se reemplaza Fibra Óptica en la red troncal, desde la cabecera de generación de señales hasta los nodos ópticos. Los nodos ópticos son receptores que realizan la conversión óptica/eléctrica de la señal en las áreas de servicio. A partir de los nodos se extiende la red de distribución tradicional de cable coaxial, consiguiendo mayor capacidad, alcance y bidireccionalidad. (Villacrés M., 2008, p.70).

Las características de un cable coaxial son principalmente dos:

- No interfiere con señales externas
- Transporta de forma eficiente señales en un gran ancho de banda con menor atenuación que un cable normal.

Pero tiene una limitación fundamental:

- Atenúa las altas frecuencias (la pérdida de potencia, expresada en dB por unidad de longitud, crece proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia de la señal), por lo que tiene una limitación para transportar señales de alta frecuencia a largas distancias, ya que a partir de una cierta distancia el nivel de ruido supera al nivel de la señal.
- Esto obliga a usar amplificadores de radiofrecuencia, que introducen ruido y distorsión, y aumentan el coste de la red.

Tabla 2-1: Características Generales HFC

Banda de Distribución de Frecuencias	86-862 Mhz
Banda de Radiodifusión sonora en FM	87.5 -108 Mhz
Banda Reservada a TV digital	606-862 Mhz
Banda de Retorno	5-55/65 Mhz
Impedancia Característica	75Ω
Cable Coaxial	Según Norma CENELEC EN50 117-1
Fibra óptica	Tipo Monomodo según recomendación UIT-T

Fuente: (Villacrés M., 2008, p. 73)

Capacidad: las redes suelen estar dimensionadas para dar servicio al 100% de los hogares y comercios de la demarcación. Sin embargo, teniendo en cuenta que no se alcanzará el 100%, quedarán conexiones libres para reforzar el servicio a comercios y oficinas.

Redundancia: trata de garantizar la fiabilidad en la transmisión de señales.

- Redundancia en la ruta de conexión: la red de fibra óptica dispone de fibras de respaldo, que posibilitan la provisión de servicio en el caso de que ocurra algún incidente en la infraestructura de la red principal.
- Redundancia en el equipamiento: todos los transmisores y receptores ópticos están duplicados

1.3.1. *DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification)*

El estándar DOCSIS se ha desarrollado por el consorcio CableLabs, es quizá el más importante dentro del ámbito de las redes de cable. Prueba de ello es su aceptación como estándar por UIT [6], ETSI [7] y SCTE (Society of Cable Telecommunications Engineers). Hasta la fecha, se han definido cuatro versiones de DOCSIS.

En la Tabla. 4.1 se indican, de manera resumida, algunas de las principales características de cada versión. Se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV). Es utilizado por muchos operadores de cable para proveer acceso a internet sobre sus infraestructuras de redes híbridas (Bernal P., 2012, p. 41-42).

Tabla 3-1: Versiones DOCSIS

ESTANDAR	PRESTACIONES	SERVICIOS Y BENEFICIOS
Docsis 1.0 5 Mbits de subida	Especificación estándar	Alta velocidad de datos Acceso e Internet
DOCSIS 1.1 10 Mbits de subida	Calidad de Servicio	Doble Capacidad en retorno Bajo Costo
DOCSIS 2.0 Advanced PHY 30 Mbits de subida	S-CDMA A-TDMA	Servicios Simétricos Punto a Punto Business-to-business (B2B)
DOCSIS 3.0 Cualquier capacidad en ambos sentidos	Vinculación de canales QoS para multicast IPV6	Video sobre IP

Fuente: Bernal P., 2012, p. 42

1.3.1.1. *Estructura de la Red Híbrida*

Una red de acceso HFC está constituida, genéricamente, por tres partes principales:

- Elementos de red: dispositivos específicos para cada servicio que el operador conecta tanto en los puntos de origen de servicio como en los puntos de acceso al servicio.
- Infraestructura HFC: incluye la fibra óptica y el cable coaxial, los transmisores ópticos, los nodos ópticos, los amplificadores de radio frecuencia y elementos pasivos.

1.3.1.1.3. Red de distribución

Se encarga de llevar las señales desde los puntos de distribución hasta los abonados. En los nodos secundarios las señales ópticas se convierten a señales eléctricas y se distribuyen a los hogares de los abonados a través de una estructura tipo bus de coaxial; cada nodo tiene capacidad para alimentar unos pocos cientos de hogares (500 es un tamaño habitual en las redes HFC) (Donoso J., 2012, p. 31)

1.3.1.1.4. Acometida

Acometida, es un cable coaxial flexible utilizado para llevar la señal desde el cable de distribución hasta la casa. que cubre el tramo de red en el edificio de acuerdo a los servicios solicitados. Está formado por equipamiento pasivo, como derivadores y repartidores de señal.

1.3.1.1.5. Tap

Es la interfaz entre el cable troncal y el cable de distribución, así como entre el cable de distribución y la acometida. Para evitar que la línea no ser cargue excesivamente por todas acometidas se utiliza un acoplador direccional para derivar la señal. Es un dispositivo de tres terminales, uno de ellos es para la entrada de señal, otro transporta la señal a través de la línea de enlace y el tercero deriva la señal de salida.

Estos dispositivos tienen una pérdida de inserción muy pequeña entre las señales de entrada y salida de la línea de enlace. Un valor típico es -1dB para la pérdida de inserción, y para la pérdida de derivación desde la entrada hasta la salida es -13dB.

1.3.1.1.6. Caja decodificadora (equipo terminal)

Acondiciona la señal para poder ser reproducida en una televisión no fabricada con la capacidad de desplegar todos los canales que el cable transporta, o bien, sirve como filtro para proporcionar al suscriptor únicamente los canales que ha pagado. En los casos más sencillos, el equipo terminal es la televisión del suscriptor. Si se necesita, se coloca un conversor entre el

cable y la televisión. Se utiliza cable coaxial entre el equipo terminal y el tap de la red de distribución.

1.3.2. Sistema Coaxial

El sistema coaxial consta de dos conductores uno cilíndrico externo cubierto con una funda protectora que rodea al cable y de un conductor interno con series de anillos aislantes espaciados a lo largo del eje axial. Se usa para transmitir tanto señales analógicas como digitales.

Es un medio de transmisión más versátil utilizado en una gran variedad de aplicaciones como distribución de televisión, Redes de área local, Conexiones con periféricos de cortas distancias y telefonía de larga distancia. (Santa Cruz, 2010, pp.7-8).

1.3.2.1. Estructura de un Cable Coaxial

El cable coaxial está estructurado de adentro hacia afuera comprende los siguientes componentes:

- **Núcleo.** - Puede ser de cobre sólido o de acero con capa de cobre (dependiendo del fabricante).
- **Capa de Aislante.** - Recubre el núcleo o conductor, generalmente de material de polivinilo, dicho aislante tiene la función de guardar una distancia uniforme del conductor con el exterior.
- **Capa de blindaje metálico.** - generalmente cobre o aleación de aluminio entretejido (a veces solo consta de un papel metálico) cuya función es mantenerse lo más apretado posible para eliminar las interferencias, además de que evita de que el eje común se rompa o sesgue demasiado; ya que, si no se mantiene el eje común, trae como consecuencia que la señal se pierde. Esto afectaría la calidad de la señal.
- **Capa Final de Recubrimiento,** generalmente de color negro y por lo general de vinilo, xelón, polietileno uniforme para mantener la calidad de las señales. (Agustín, 2006, pp. 5)



Figura 20-1: Estructura del cable Coaxial

Fuente: <http://mundotelecomunicaciones1.blogspot.com/2015/01/cable-coaxial.html>.

1.3.2.2. Características de un Cable Coaxial

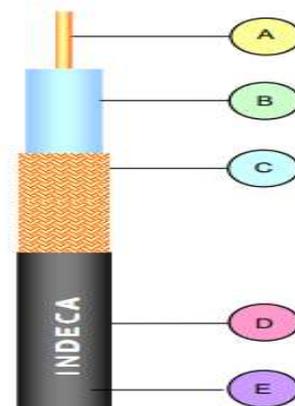
Se estructura mediante características físicas en aplicaciones como cámaras de vigilancia, TV, puesta en fase de dipolos con fraccionamiento de rollos de 100m o bobinas de 300m y características eléctricas engloba impedancias, atenuación, capacidad etc.

Características Físicas

- A. **Conductor Central.** – Alambra único de cobre rojo 0.75 mm de diámetro +/- 0,01mm
- B. **Dieléctrico.** – **(PEBD)** Polietileno de baja densidad compacto de 4.65 mm de diámetro +/-0.2 mm
- C. **Blindaje.** – Malla trenzada de alambres de cobre rojo de 0.5 mm y de 8 alambres por dieciséis husos (8 x 16x 0.15) con cobertura de 92 %.
- D. **Cubierta Exterior.** –**(PVC)** Policloruro de vinilo flexible de 7 mm de diámetro de +/-0.2 mm color negro, apta intemperie.
- E. **Marcación Identificadora,** - Hecha con titas para PVC a lo largo del cable con separaciones de 20 cm, resistente al manipuleo

Características Eléctricas

- Impedancia: 75 ohms
- Capacidad 67Pf/M
- Velocidad Nominal de propagación: 66%
- Tensión Maxima: 2.5 Kv
- Atenuación



1.3.3. Propagación de un Cable Coaxial

Para la transmisión de las señales es necesario combinar la señal y limitar las pérdidas, este cable permite dos tipos de transmisiones en su interior la transmisión en banda ancha o en banda base.

Respecto a la transmisión en banda base solo emite una señal a través del cable con impedancia característica de 50Ω y se la aplica en conexiones de redes locales. En la transmisión de banda ancha e mismo cable que emite es dividido en canales eléctricos, pero tiene una impedancia característica de 75Ω ; será la transmisión que utilizaremos en nuestro diseño. (Díaz, 2014, p.15).

1.3.4. Parámetros de un Cable Coaxial

El cable coaxial posee varios parámetros lo cuales separan a estos cables en varias categorías. A continuación, se detalla los principales parámetros:

1.3.4.1. Impedancia Característica

Todos los materiales se oponen al flujo de una corriente alterna en alguna medida. A esta oposición se le llama impedancia, y es análoga a la resistencia de los circuitos en corriente continua. La mayoría de las antenas de telecomunicaciones tienen una impedancia de 50 ohmios, mientras que las antenas y los cables para TV normalmente tienen una impedancia de 75 ohmios.

El cable coaxial tiene una impedancia característica, está dada por:

$$Z = 138 \log_{10} \frac{D/d}{\sqrt{k}} \quad \text{Ecuación 7-1}$$

Comprendida por:

Z Impedancia característica del cable coaxial utilizado para CATV

D Diámetro Exterior

d Diámetro de Conductor Central

K Constante Dieléctrica

Z= 75 Ohmios. (Impedancia específica para cable utilizado para CATV)

1.3.4.2. Impedancia de Transferencia

La impedancia de transferencia (Z_t) se define por la eficiencia del blindaje del conductor externo, por ello cuanto menor es el valor, mejor son los efectos de propagación de la señal transmitida.

1.3.4.3. Atenuación

Nos indica la disminución de la amplitud y distorsión de la señal debido a las pérdidas de resistencias en dieléctricos y conductores, por ello se calcula con la relación entre la potencia de entrada y salida; este parámetro depende de la construcción del cable y variación de la frecuencia de operación con la longitud del cable. (Díaz, 2014, p.14)

Tipo de cable	Diámetro	Atenuación @ 2.4 GHz	Atenuación @ 5.3 GHz
RG-58	4.95 mm	0.846 dB/m	1.472 dB/m
RG-213	10.29 mm	0.475 dB/m	0.829 dB/m
LMR-400	10.29 mm	0.217 dB/m	0.341 dB/m
LDF4-50A	16 mm	0.118 dB/m	0.187 dB/m

Figura 22-1: Atenuaciones
Fuente: (Agustín O., 2006, p.7)

1.3.4.4. Structural return loss (S.R.L.)

Son las pérdidas por retorno ocasionadas por las ondas electromagnéticas, es una media en la construcción respecto a la variación de los parámetros dimensionales y en los materiales empleados, que producen una variación localizada de impedancia, provocando un "rebote" de la señal que debilitarán la señal. (Díaz, 2014, p.14)

1.3.5. Tipos de Cables

1.3.5.1. RG-500

Este tipo de cable coaxial según su propiedad tiene 100% de blindaje se utiliza en redes troncales y en distribuciones externas en las líneas principales. A continuación, en la figura 17-1

se muestra la estructura del cable y en la tabla 3-1 se visualiza las pérdidas por distancia y frecuencia de los tipos de cables.

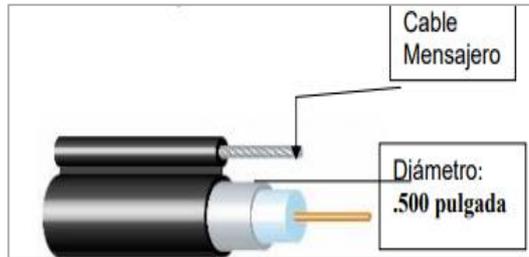


Figura 23-1: Estructura del Cable RG-500
Fuente: (Agustín O., 2006, p.7)

1.3.5.2. RG -6

Este tipo de cable al tener fácil manejo se lo emplea en acometidas y distribuciones internas de abonados, proporciona con el 95% de blindaje en forma de malla como lo muestra la figura 18-1

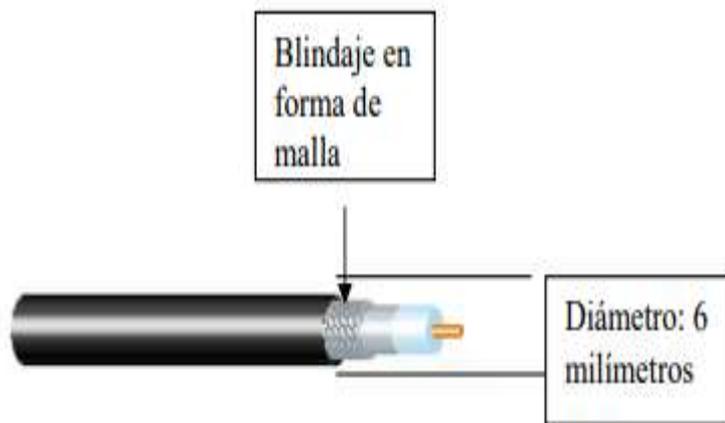


Figura 24-1: Estructura del Cable RG-6
Fuente: (Agustín O., 2006, p.8)

1.3.6. Elementos Activos/Pasivos de red

1.3.6.1. Elementos Activos

Los elementos que se encuentran en una red de cable, que decodifican o amplifican la señal, utilizando voltaje para funcionar. De estos equipos se hace mención y una descripción de cada uno, así como su aplicación, en cada una de las partes de red HFC en el punto siguiente:

- **Decodificador o Convertidor:** Equipo electrónico que decodifica y convierte las frecuencias de señales de televisión que no sean VHF en frecuencias VHF estándar.
- **Modulador.** - Equipo usado para cambiar la frecuencia de las señales correspondientes a un canal de televisión a las frecuencias de otro canal.
- **Combinador.** - Equipo usado para unir todos los canales en una sola salida.
- **Transmisor.** - Es el equipo encargado de transmitir la señal de la cabecera hacia los receptores ópticos o red troncal.
- **Receptor Óptico:** Es el equipo que se usa para recibir la señal óptica y convertirla en señal de RF o de televisión por cable.
- **Amplificadores:** Sirve para devolverle a la señal y valores de potencia que se han perdido mientras está se conduce por la línea de transmisión o bien por la inserción de equipos pasivos. Entre los amplificadores más usados podemos mencionar: CA 30: amplifica 30 dBs, CA 50: amplifica 50 dBs, Entendedores de Línea (Line Extender): Amplificadores para uso en exteriores
- **Amplificadores Troncales:** Son los amplificadores que se usan para reestablecer los valores de la señal en toda la línea principal o troncal. Estos amplificadores tienen dos salidas auxiliares que son usadas para dejar líneas de distribución en el recorrido de la línea principal. e. Fuentes. Toman su alimentación de la línea de distribución y utilizan ecualizadores y atenuadores externos para su calibración. (Agustín O., 2006, pp. 14-16)

1.3.6.2. Elementos Pasivos

Son todos los elementos que se encuentran en un sistema de televisión por cable, que no utilizan voltaje para su funcionamiento y generalmente se utilizan en la distribución o división de señal. (Agustín O., 2006, pp. 16-17).

- **Conectores:** Accesorio que se instala en los extremos del cable a fin de proporcionar una conexión óptima, del cable a un accesorio pasivo o activo. Existen de diferentes calibres, generalmente se usan RG-500 y RG-6.
- **Acoplador Direccional (Copla):** Accesorio que se utiliza para dividir la señal de entrada en dos señales de salida con atenuaciones diferentes.
- **Derivador (Tap):** Accesorio que se utiliza para la interconexión entre la línea de distribución y la acometida de los abonados. Existen dos tipos, los que se usan

con cable Rg500 pueden conectar varios abonados a un mismo accesorio y los que se usan con cable RG6 solo se puede conectar uno

- **Divisor (Splitter):** Accesorio usado para dividir la señal de entrada en dos o más señales de salida.
- **Ecualizador:** Disminuye en potencia solo cierta parte de la señal de cable de entrada, en específico canales del 2 al 22.
- **Atenuador (Pad):** Dispositivo que reduce en la proporción deseada la amplitud o intensidad de las señales que lo atraviesan. Es usado para disminuir la entrada o salida en los amplificadores.
- **Antena:** Dispositivo destinado a captar señal de radio frecuencia (RF).
- **Insertor de Potencia (Power Inserter):** Es el dispositivo utilizado para mezclar la señal de RF y la energía eléctrica.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Introducción

En este capítulo se abordan los aspectos metodológicos del proyecto, en el que se detallan los tipos de investigación, técnicas y métodos utilizados, así describiendo la metodología empleada en el diseño de la red de acceso. A continuación, una breve introducción del proyecto “City Hall”

El crecimiento poblacional asciende a 42.924 habitantes aproximadamente, según datos publicados por su gobierno municipal. El área urbana está conformada por un total de 29.003 personas, mientras que en el área rural viven 13.921 oriundos. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón La Concordia, 2016), Por ello, en los últimos años en el cantón La Concordia de manera acelerada, ha provocado la deficiencia de los servicios existentes. La concordia es un cantón que vive de la agricultura y el comercio, con deficiencias en los servicios básicos principales, más aún en avances tecnológicos. El acceso a internet se da mediante la utilización del servicio en establecimientos privados, siendo sobre todo por la población más joven.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) comercializó 160 puertos de internet en diversas localidades del país, entre las cuales se encuentra el cantón La Concordia. Sumando los instalados anteriormente, la zona cuenta con un total de 380 puertos. (Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), 2017). Este hecho busca enfrentar los retos innovadores y evolutivos que

exige el mundo globalizado, utilizando como herramienta principal la transmisión de datos, voz, video, internet y comunicaciones móviles, de tal manera que se pueda cumplir con las políticas públicas de servicios para los ecuatorianos que habitan tanto en áreas urbanas como rurales.

Finalmente tiene como objetivo brindar servicios de voz, datos e internet al proyecto “City Hall” presentado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal “La Concordia” que tiene como finalidad concentrar diversos servicios en un mismo lugar, para que de esa forma la ciudadanía concordense ahorre tiempo durante la realización de sus trámites personales. Lo cual estará conformada por instituciones públicas, privadas, organizaciones y locales comerciales.

2.2. Metodología de Investigación

El diseño metodológico de esta investigación se forma por un diseño que engloba un conjunto de procedimientos y técnicas específicas adecuadas para la recolección de información requerida por los objetivos postulados. Además, determinar aspectos relevantes para el desarrollo de la red de acceso para el proyecto

2.2.1. Tipos de Investigación

En el presente proyecto se ha utilizado la investigación de campo y bibliográfica

2.2.1.1. Investigación de Campo

Respecto a esta investigación, se acudió al lugar del problema recaudando información de la situación actual del Centro Intercultural. De este modo, se determinará las especificaciones y consideraciones de diseño óptimas para el proyecto. Se trabajó con el Gad Municipal de “La Concordia” específicamente en el área de Tecnologías de la Información, donde nos proporcionaron datos importantes para el proyecto.

2.2.1.2. Investigación Bibliográfica

Respecto a esta investigación se ha realizada una amplia búsqueda de información sobre las redes de acceso de banda ancha. En la cual, se ha especificado dos tecnologías Fttx y Hfc proporcionando sus especificaciones y consideraciones de diseño.

2.2.2. Técnicas

Según el autor Briones (1996) este tipo de investigación resulta de la aplicación de uno o más criterios de clasificación, por lo que generalmente se basan en la posibilidad que tiene el investigador de controlar la variable dependiente y otras situaciones de estudio.

Las técnicas de investigación comprenden un conjunto de procedimientos y herramientas para recoger, generar, analizar y presentar información válida, fiable y objetiva. Las técnicas que se utilizaron comprenden entre fuentes primarias y secundarias.

2.2.2.1. Fuentes Primarias

Se utilizó las fuentes primarias respecto a documentos manuales técnicos, libros, internet y tesis.

- **Libros**

Nos regimos por el sistema de bibliotecas de la Escuela Superior Politécnica que ofrecen extensas bibliografías virtuales y tesis digitales.

- **Documentos**

Nos regimos en normativas técnicas que han sido aprobadas por los organismos internacional de telecomunicaciones

- **Programa OptiSystem**

Mediante el software se simulará el BER, la red Feeder y la red de distribución garantizando parámetros de eficiencia en el diseño propuesto.

2.2.2.2. Fuentes Secundarias:

- **Entrevista**

Se utilizó la técnica de la entrevista con la finalidad de obtener información sobre la red actual para la zona centro de la Nueva Concordia sector 2, por ello me dirige con el responsable del Departamento de Información y Comunicación Tecnológicas del

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal “La Concordia”. En el cual, se manifestó con gran interés sobre el proyecto nuevo a ejecutar del Centro Intercultural del Cantón “La Concordia” cuyo objetivo es ofrecer servicios educativos y culturales a 400 usuarios concordenses

- **Observación**

Se toma en cuenta esta técnica con el objetivo principal de recoger información del lugar a diseñar, en el cual se puede observar y analizar un diagnóstico detallado del área donde se va a desarrollar el proyecto.

2.3. Metodología para el Diseño

Al tener claramente los conceptos básicos de fibra óptica y cable coaxial se procede con el análisis y despliegue de los requerimientos e consideraciones de diseño respecto a capacidad, eficiencia y distancia. Además de lograr una red eficiente que optimice los recursos, minimizando costos de inversión.

A continuación, especificaremos los criterios técnicos a considerarse para el diseño de la red:

- Delimitación del área
- Determinación de topología de la red
- Determinación de Ancho de Banda
- Tipo de fibra y cableado a utilizarse.
- Ubicación de Equipos

2.3.1. Delimitación del área

El proyecto “City Hall” se encuentra ubicado en el Cantón la Concordia provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas correspondiente a las manzanas que rodean la Av. Simón Planta Torres y E2. Ubicado aproximadamente a 1.60 km en dirección norte-oeste de la cabecera



cantonal de “La Concordia”, en las coordenadas latitud 0.016607 y longitud -79.4001

Figura 1-2: Delimitación de la zona
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

De manera se conforma por Instituciones públicas e privadas, organizaciones y locales comerciales. A continuación, se detallan: 11 instituciones públicas, 2 privadas, 62 locales comerciales, 15 oficinas de cooperativas y 2 organizaciones.

2.3.2. Determinación del tipo de red

Para el presente diseño de la red se requiere lograr una red eficiente que optimice recursos, minimice gastos de inversión y operativos al emplear estas tecnologías. Por ello, dentro de las familias FTTX, mencionadas en el capítulo I, que describen arquitecturas de redes de transmisión de alto desempeño basadas en tecnología óptica que varían de acuerdo al alcance de la fibra y la proximidad al usuario final.

Se realizó un análisis de las diferentes arquitecturas optando por FTTN porque nuestro proyecto está dirigido a usuarios residenciales y la penetración de servicios de banda ancha en el sector de La Concordia es aún muy baja por lo que no es necesario llegar con fibra hasta el usuario

final. Adicionalmente, representa un menor costo del servicio, puesto que el valor de la ONU será compartido por varios usuarios lo que de cierta forma favorecerá la aceptación del servicio.

Como se mencionó anteriormente para estas tecnologías el tendido de coaxial no será mayor a 500 m, por lo que no se presentarán mayores pérdidas. Básicamente este diseño propone una red de acceso al proyecto City Hall compuesta en su mayoría por elementos ópticos que no disponen de circuitos eléctricos, electrónicos o conexión a la red eléctrica para su funcionamiento, necesitando solamente de equipos activos en ambas puntas para general la señal óptica.

2.3.3. Determinación del Ancho de Banda

Para conocer el ancho de banda que se tendrá al utilizar en el primer nivel de spliteo, nos regimos mediante la relación de Splitter que partirá desde la relación de 1:8 hilos de fibra que es el que se encuentra en el mercado. Por consiguiente, se utilizará 2 Splitter de tipo 1:8 en el primer nivel de spliteo y en el segundo spliteo de tipo 1:4 y 1:2.

A continuación, mostraremos la relación:

$$AB = \frac{\text{Downstream}}{\text{\#hilos}} = \frac{860\text{Mhz}}{8} = 107.5\text{Mhz} \quad \text{Ecuación 1-2}$$

A continuación, se presentará el ancho de banda que requiere cada edificación y su distancia desde la OLT

Tabla 1-2: Determinación de Ancho de Banda

Nº	1º Splitter	2º Splitter	EDIFICACIONES	Distancia
1	107.5	53.75	Registro Civil	1.75
		53.75	Cuerpo de Bomberos	1.77
2	107.5	53.75	Consejo de la Judicatura	1.79
		53.75	Administración Municipal	1.60
3	107.5	53.75	Banco de Fomento	1.76
		53.75	Guardería	1.74
4	107.5	53.75	Ministerio de Educación	1.72
		53.75		1.70

			Junta de Protección de Derecho	
5	107.5	53.75 53.75	Agencia Nacional de Tránsito Supermercado AKI	1.56
6	107.5	26.88 26.88 26.88	Oficinas de Cooperativas	1.66
7	107.5	26.88 26.88 26.88	Locales Comerciales A	1.64
8	107.5	26.88 26.88 26.88	Locales Comerciales B	1.59

Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

2.3.4. Topología de la red

Al conocer el número y el tipo de Splitters que se utilizará en el diseño de la red se optó por la topología en árbol ya que es el tipo de arquitectura más utilizada, debido a su bajo costo y a su gran eficiencia. En la Figura 2-2 se muestra el diseño lógico de la red propuesta con la topología elegida

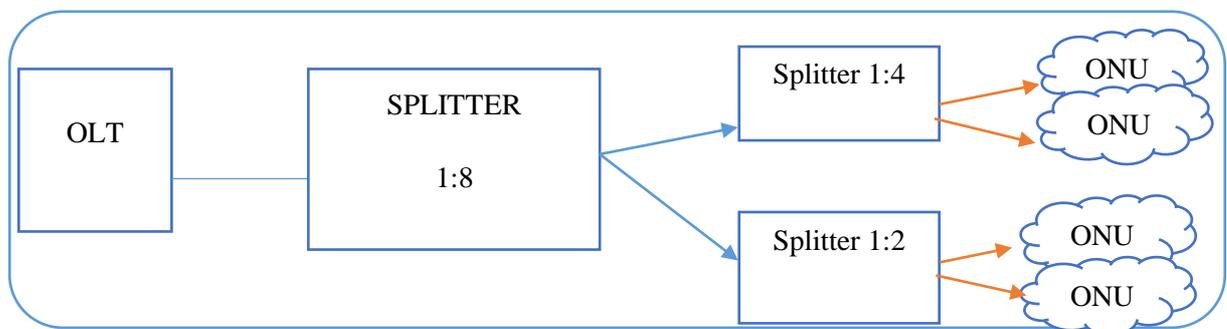


Figura 2-2: Diseño lógico de la red
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

2.3.5. División del Sector Seleccionado

Para el presente diseño del proyecto City Hall tiene aproximadamente un área de, por el cual se divide en dos zonas A y B como se muestra en la ANEXO A.

2.3.6. Especificaciones de la fibra y cableado

Para tomar en cuenta que tipo de fibra usar, se considera su dispersión y atenuación óptica más baja por motivo que se incluirá red híbrida. Por ello, se ha decidido utilizar fibra monomodo por su gran ventaja de transmitir mayor ancho de banda en enlaces de transmisión a largas distancias. Por ende, hacemos uso de la fibra G.652 D. ITU-T G983.1.

Según su estructura se utilizará un cable de fibra de estructura holgada, como se eligió fibras monomodo y es más sensible al movimiento debido a las protecciones que tiene (gel) y tiene un radio de curvatura mayor que un cable de estructura ajustada. Para el tendido de cable de fibra óptica se utilizará tendido aéreo: a través de postes, garantizando una elevada capacidad de transmisión y una baja atenuación óptica.

2.3.6.1. Tipos de uniones entre fibras

Las uniones por fusión son las de menor pérdidas suelen ser frecuentes entre 0.1– 0.2 dB de atenuación para fibras monomodo. (ITU G.650). Respecto a su atenuación por empalme mecánicos son las más frecuentes.

Por otra parte, la atenuación máxima recomendada para cualquier tipo de fusión o empalme mecánico no debe de exceder los 0.3 dB de pérdidas. Son las uniones por fusión las que ofrecen mejor rendimiento y las que cumplen, por regla general, dicho requisito.

2.3.6.2. Tipo de Conectores

Se pueden combinar dentro de la misma red o conectar a varios. Por ello, desensambla la fibra o se va adquirir ya preconectizados como latiguillos de parcheo. No se recomienda realizarla

conectorización entre el cable en campo y la fibra para que eviten reflexiones que excedan la recomendación.

Nos hemos decantado por conectores ST/PC simplex. El conector SC (Set and Connect) es un conector de inserción directa que suele utilizarse en conmutadores Ethernet de tipo Gigabit. El conector ST (Set and Twist) es un conector similar al SC, pero requiere un giro del conector para su inserción.

2.3.6.3. Cajas de Empalmes

Las cajas de empalme pueden instalarse tanto para ambientes internos como externos, y deben de ser totalmente herméticas, capaces de soportar inundaciones. Un requerimiento estándar de las cajas de empalme es soportar la presión del agua correspondiente a 6 metros de profundidad durante un cierto período de tiempo. Por ello, estas cajas requieren ser cuidadoso y preciso a la hora de instalarlas.

2.3.6.4. WDM-MUX (Multiplexor por División de Longitud de Onda).

Es un dispositivo pasivo que interconecta las salidas de las OLTs y las de los equipos de video RF, multiplexando en longitud de onda los servicios de Triple Play y de video RF overlay. Es decir, permite combinar las señales procedentes de la salida de los amplificadores EDFA (1550 nm), con las señales procedentes de las OLTs (Downstream a 1490nm y Upstream a 1310nm), ofreciendo una salida común, que será la que se interconecte con las fibras procedentes de planta externa.

Esto queda detallado en el siguiente esquema:

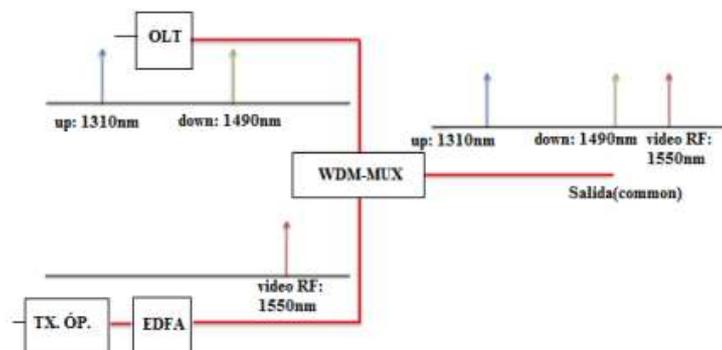


Figura 3-2: Esquema Funcional de un WDM-MUX
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

Se pueden distinguir en el mercado dos tipos de multiplexores WDM: modulares (compuestos por slots) y aquellos que poseen un número de puertos no ampliable. Además, una opción muy interesante es un dispositivo en el que se incluyen EDFAs y WDM incorporados en el mismo chasis. Los equipos WDM-MUX suelen coexistir en el mismo subrack con el transmisor óptico y las baterías de amplificadores EDFAs

2.4. Diseño de la Red

El presente proyecto se pretende diseñar una red de acceso con tecnologías FTTx y HFC que permita cubrir el proyecto City Hall en su totalidad. Adicionalmente, se consideró el menor costo, facilidad de instalación y expansión de la red. Los criterios de diseño propuestos se fundamentan en las recomendaciones y estándares de organismos internacionales que rigen el mercado de las telecomunicaciones a nivel mundial y en las leyes vigentes en el Ecuador para la construcción de redes de acceso. Se trató en lo posible de acercar la fibra al usuario dependiendo de sus necesidades específicas.

Para realizar el despliegue de la red se utilizó el software AutoCAD 2016 conformado por la red de Canalización, Red Feeder, Red de Distribución y Red de Acometida

2.4.1. Esquema Físico de la red de acceso

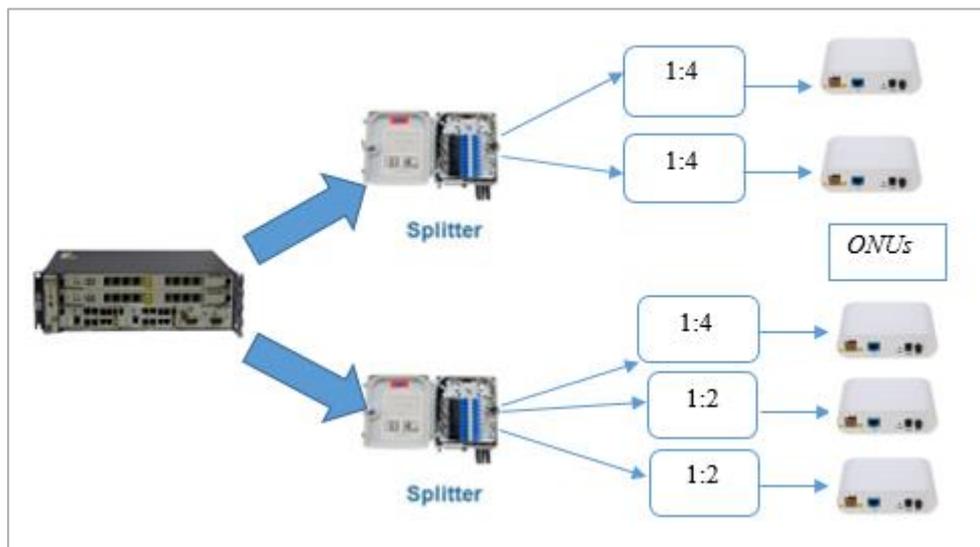


Figura 3-2: Diseño Físico de la Red de Acceso
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

2.4.2. Red de Feeder

El cable de fibra óptica troncal o FT01 de 288 hilos de capacidad, va a estar instalado en forma totalmente canalizada, partiendo desde la OLT, como se muestra en la figura 4.2, a la OLT se designa una numeración secuencial de acuerdo al orden de instalación, es decir el identificador de la OLT es:

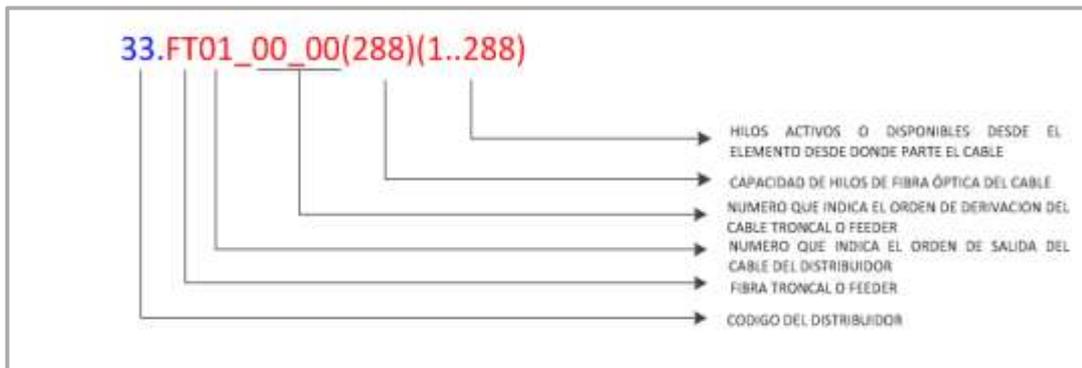


Figura 4-2: Cable de fibra óptica Feeder

Realizado por: (Rodríguez, 2016, p.82).

Se puede observar la red troncal, la cual está representada por la línea continua de color azul, que corresponde al cable de Fibra Óptica G652 D, denominado CITYHALL.FT01, se instaló de forma canalizada, partiendo desde la OLT que se encuentra ubicada en CNT EP hasta un pozo proyectado denominado PZ_01 ubicado en la calle Guayaquil, de modo que se ingresó una manga troncal MT01 de 96 hilos de capacidad en donde se ingresó un cable Feeder de 12 hilos de fibra óptica, en el que se aloja el primer splitter primario de tipo 1:8.

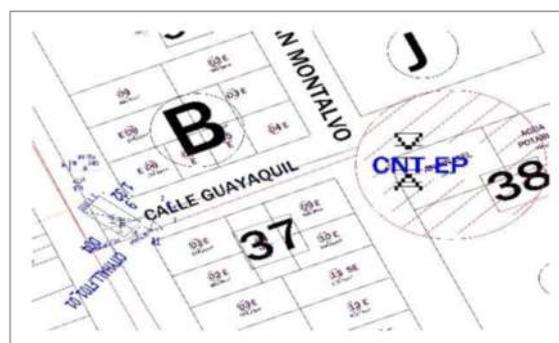


Figura 5-2: Red Feeder

Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

2.4.3. Red de Distribución

En la Figura 6-2, se puede observar la zona A, la cual consta de 6 edificios, y está ubicada al noroeste del nodo óptico ubicado en la calle Guayaquil. De la manga troncal proyectada MT01

ubicada en el pozo PZ_01, se proyecta una subida a poste con diferentes cables de fibra óptica de 6 y 12 hilos de tipo G652D en dirección a las cajas de distribución ópticas (Naps) ubicadas en los diferentes postes existentes dentro de las instalaciones. En Anexo E se visualiza los planos

Posteriormente se alojarán los Splitters secundarios que servirán para dar servicio a las diferentes edificaciones, por ello con los hilos salientes del primer splitter de 1:8 ubicados en la manga troncal. Se alojarán los splitters secundarios que servirán para dar servicio a la segunda zona B.

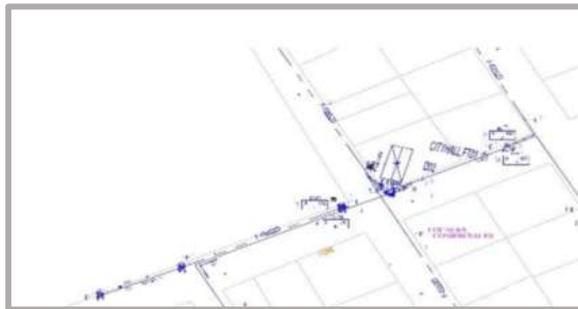


Figura 6-2: Red de Distribución
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

2.4.4. Red de Dispersión

La red de Dispersión comprende el tendido del cable de acceso G 657A desde la caja terminal (NAPs) hasta los taps. Se usan receptores ópticos de alto rendimiento (nodos) para dar servicio a los edificios individuales. El receptor óptico ofrece una señal RF con un nivel de hasta 112dB μ V en cada una de sus dos salidas. Este nivel de señal es suficiente para dar servicio a todas las plantas del edificio con sólo una red coaxial para dar el servicio de video, la terminación utiliza un conector tipo F, que va directamente al Televisor del abonado es decir no es necesario un decodificador.



Figura 7-2: Red de Distribución
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

2.4.5. Red de Canalización

Según el Art. 9 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, el despliegue y tendido de nuevas redes físicas se realizará a través de ductos subterráneos. En este diseño el soterramiento de las redes es necesario, y se diseñó la canalización de los ductos, los cuales alojarán los cables, encargados de transportar la señal de la cabecera a cada uno de los equipos terminales en las viviendas de los usuarios.

Se propone que la canalización abarcará la Red Troncal y la de Distribución, permitiendo que la Red de Acometida sea aérea. Los ductos están diseñados para llegar hasta cada poste, de tal forma que permitan la conexión del cable coaxial con el Tap, en la parte alta del poste separando una cantidad de cable de reserva por cada Tap, éstas estarán ubicadas al lado de la cabecera

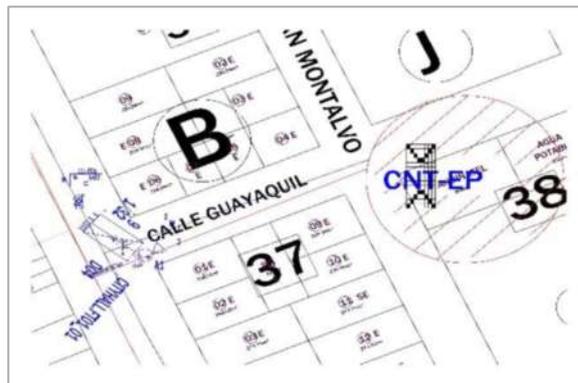


Figura 8-2: Red de Canalización
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

2.4.6. Selección de Equipos

2.4.6.1. OLT

La OLT es el equipo que se considera principal para la red, por esta razón debe poseer características específicas para poder cubrir todas las necesidades del proyecto, mencionadas a continuación:

- Debe tener la capacidad de colocar o remover tarjetas
- Debe poseer niveles en potencia de transmisión y sensibilidad de recepción.

- Soportar varios tipos de interfaces para enlaces de Uplink con otras redes como Gigabit Ethernet, GEAPON, MPLS etc.; además de las interfaces de control y administración.
- Soportar varios tipos de protocolos para poder controlar la seguridad, encapsulamiento y calidad de servicios, etc.

Especificaciones:

Usaremos una OLT de Huawei MA5600T para cubrir las necesidades para nuestra red proporcionándonos la potencia de salida deseada y una distancia máxima de 20 Km. Además, se puede usar divisores de hasta 1:128 una gran capacidad de agregación, capacidad de backplane de 3.2T bit/s, capacidad de conmutación de 960 Gbit/s, 512 mil direcciones MAC.

Interfaces GE/10GE de alta densidad para conexiones en cascada, hasta 36 interfaces de 10 GE o 140 GE, no se requiere inversiones adicionales en switches de agregación. Soporte de networking de alta confiabilidad, conexión directa al BRAS y función de actualización de software sin pérdida de datos.



Figura 9-2: Optical Lineal Terminal

Fuente: Zambrano, 2013, p.49.

2.4.6.2. ONU

Unidades de red óptica (ONU) compatibles con Power-over-Ethernet (PoE), funciones de QoS integrales, entre las que se incluyen la asignación de ancho de banda dinámica (DBA), y hasta 8, 16 o 24 puertos FE descendente. Ideal para IPTV, monitorización de vídeo y servicios de banda ancha inalámbrica en oficinas pequeñas y medianas.

La ONU MA5626, con su solidez para lograr alta fiabilidad en interiores y exteriores, se conecta con el vínculo superior a un terminal de línea óptica (OLT). Las unidades pueden

gestionarse y actualizarse remotamente, así como configurarse por adelantado mediante la implementación previa por lotes



Figura 10-2: ONU

Fuente: <http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/onu/video-monitor-wlan>

Tabla 2-2: Especificaciones del Equipo ONU

ESPECIFICACIONES		MA5626
Dimensiones (altura x ancho x profundidad)	16 FE/24 FE: 43,6 mm x 442 mm x 220 mm 8 FE: 43,6 mm x 250 mm x 180 mm	
Entorno operativo	-40 °C a 65 °C Humedad relativa de 5 % a 95 %	
Alimentación	CA: 110 V o 220 V	
Puertos de red	1 GPON, 1 EPON	
Puertos de usuario	8/16/24 x FE 8/16/24 x FE (PoE) 4 x GE + 4 x FE (PoE) 8 x FE (PoE inversa)	
Protección contra sobrecorriente	LAN: 4 Kv	

Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

2.4.6.3. *Nodo Óptico*

En estos pequeños armarios se encuentran concentradas las mejores funciones de las t telecomunicaciones, la conversión óptico-electrónica, la multiplexación y demultiplexación de canales de voz en tramas, los amplificadores de RF, dispositivos pasivos de derivación y reparto, sistemas de alimentación interrumpida. En la tabla 3-2 se muestra varias especificaciones y parámetros del nodo óptico.

Tabla 3-2: Parámetros del Nodo óptico

Parámetros Técnicos		
Parámetro	Unidad	Parámetro Técnico
Parámetros Ópticos		
Potencia del Receptor Óptico	dBm	-9 ~ +2
Pérdida de retorno	dB	>45
Longitud de Onda Óptica	nm	1100 ~ 1600
Tipo de conector		FC/APC or SC/APC
Tipo de Fibra		Monomodo
Rendimiento del Circuito		
C / R	dB	≥ 51 (~2dBm de entrada)
C / CTB	dB	≥ 65 nivel de Salida de 108 dBμV
C / OSC	dB	≥ 60 Equilibrado 6dB

Fuente: Donoso J., 2012, p. 82

2.4.6.4. Splitter

Como hemos comentado, usaremos un Splitters principal de 1:8 y dos Splitters secundarios de 1:4. Para estos, nos hemos decidido por la marca Huawei. Este Splitter, o divisor óptico monomodo pasivo, divide la señal de fibra óptica permitiendo acoplar diferentes salidas a diferentes fuentes emisoras de luz, logrando así la división del ancho de banda sobre una misma fibra Óptica con baja atenuación. Fabricado con cable Monomodo de 2 milímetros.



Figura 11-2: Splitter PLC 1:8

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/1x4-sc-apc-huawei-fiber-optic-splitter-for-fifth-60615092942.html?spm=a2700.8699010.29.9.7e93eb26tiaLeW>

2.4.6.5. Mangas

Sirven para dar continuidad al enlace de fibra, su capacidad depende de las características del enlace y pueden ser de 12 hasta 144 hilos con sistemas de aterramiento. Construidas de material resistente a la tensión e impermeable, que permita cierre hermético y con los debidos accesorios para instalación en canalización, soportes aéreos y aplicaciones de pedestal. Deben permitir realizar empalmes de extremo a extremo o empalmes internos (derivaciones).



Figura 12-2: Manga
Fuente: <http://www.cientelcom.com/accesorios.html>

2.4.6.6. *Cajas de Empalmes*

Usaremos el modelo FOPT128 estas cajas permiten empalmar hasta 128 fibras ópticas. Está fabricada en policarbonato reforzado con fibra de vidrio y acero inoxidable. Es completamente estanca y cumple con la protección clase IP68W. Esta protección nos permite su instalación tanto en subterráneos como en pared.

2.4.6.7. *Taps*

Esta sección intermedia denominada acometida es fundamental para acoger las señales que salen de la planta interna y seguir la transmisión hasta el lado del abonado o cliente. Es una sección que requiere más complejidad en la instalación de los equipos y estos deben cumplir con las recomendaciones debido a que la mayoría se encuentran en la intemperie.

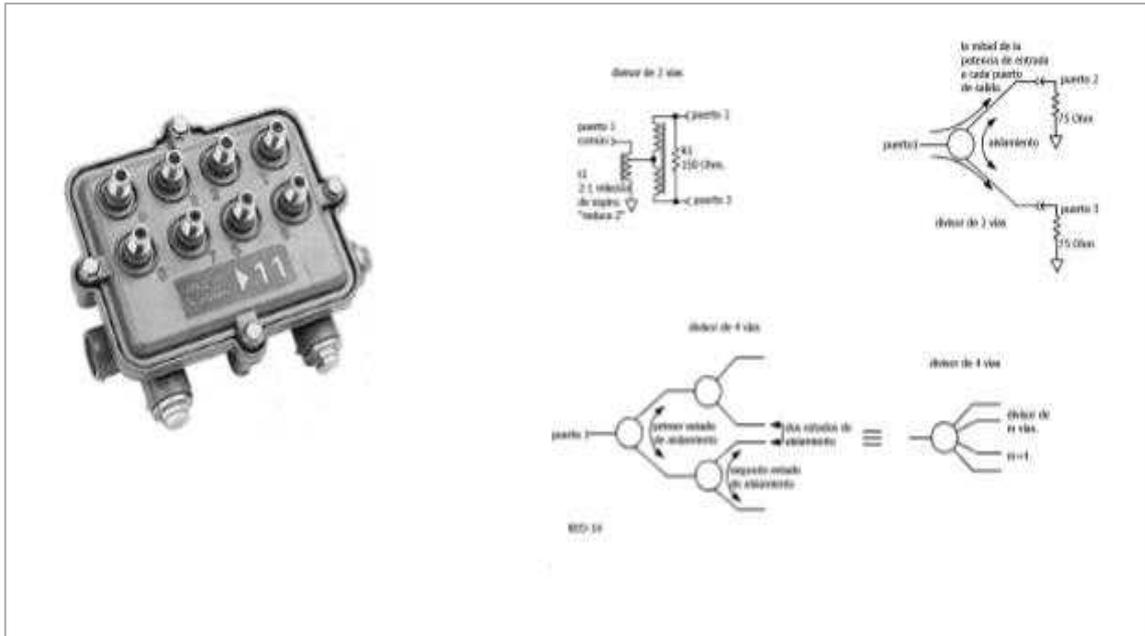


Figura 13-2: Taps de 2 vías
Fuente: <http://www.ciemtelcom.com/accesorios.html>

2.4.7. Presupuesto Óptico

Para los cálculos del presupuesto óptico de la red tendremos que considerar los siguientes parámetros:

- Pérdida introducida por el cable de fibra óptica acorde a las ventanas de operación.
- Pérdida introducida en los splitters
- Pérdida por conectorización es de 0.5 dB por cada unidad
- Pérdidas por empalmes mecánicos y por fusión que corresponden a 0.5 dB y 0.1 dB respectivamente

Tabla 3-2: Pérdida introducida en las ventanas de operación de la fibra óptica

VENTANA	ATENUACIÓN (dB/km)
1310 nm	0.35
1490 nm	0.30
1550 nm	0.25

Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

2.4.7.1. Atenuación

Se define a atenuación de una señal óptica como la pérdida de potencia de ésta al desplazarse por un medio de transmisión. Esta pérdida de la potencia no se expresa como una unidad lineal sino de manera logarítmica como Decibelios por Kilometro [dB/Km]; para conocer la pérdida total de señal en la ruta se calcula el valor de la potencia del transmisor con las respectivas atenuaciones al usuario más cercano y lejano que se muestra a continuación:

a) Atenuación de la fibra por unidad de distancia.

El cable de fibra a utilizarse, será el que cumple con la norma G.652D cuyas características se mencionan en el Anexo B, se tienen los siguientes valores de atenuación, a partir de los cuales se realizan los cálculos de las pérdidas para el cliente más alejado, como para el cliente más cercano de la OLT. Cabe mencionar que las longitudes de onda utilizadas en la fibra serán de 1310 con atenuación típica de 0.35 dB/km y 1550 nm es de 0.25 dB/km.

- Usuario más alejado de la OLT

$$Af(1310nm) = 1,79 \text{ km} * 0.35dB/km$$
$$Af(1310nm) = 0.627 \text{ dB}$$

$$Af(1550nm) = 1.79 \text{ km} * 0.25dB/km$$
$$Af(1550nm) = 0.448 \text{ dB}$$

- Usuario más cercano de la OLT

$$Af(1310nm) = 1.56 \text{ km} * 0.35 \text{ dB/km}$$
$$Af(1310nm) = 0.546 \text{ dB}$$

$$Af(1550nm) = 1.56 \text{ km} * 0.25dB/km$$
$$Af(1550nm) = 0.39 \text{ dB}$$

b) Atenuación debida a los conectores

Para este caso se utilizará un conector a la salida de la OLT, dos conectores por cada Splitter (entrada y salida) y un conector adicional con el que se llega a la ONU teniendo un total de 4 y 5 conectores para cada enlace dependiendo el caso. El valor máximo de atenuación es de 0.3 dB.

$$L_{CI} = 0.50 \text{ dB} * 5$$

$$L_{CI} = 2.5 \text{ dB}$$

c) Atenuación debida a los Splitters

Por lo que expuesto en el capítulo I, se tomarán en cuenta los siguientes valores de acuerdo con el splitter utilizado en el trayecto, considerando que cada splitter de relación 1:8 tiene una atenuación de 10.50 dB y el de relación de 1:2 una de 3.50 dB

$$P_{SP1} = \text{Atenuación Splitter (1:8)} + \text{Atenuación de Splitter (1:2)}$$

$$P_{SP1} = 10.50 + 3.50 = 14.00 \text{ dB}$$

d) Atenuación debida a los Empalmes

La atenuación introducida por cada empalme si se realiza por fusión es aproximadamente de 0.1 dB

- Usuario más alejado de la OLT

$$Ae = 3 * 0.1 \text{ dB}$$

$$Ae = 0.3 \text{ dB}$$

- Usuario más cercano de la OLT

$$Ae = 2 * 0.1 \text{ dB}$$

$$Ae = 0.2 \text{ dB}$$

e) **Atenuación debida al tendido coaxial**

Para la factibilidad del diseño, este parámetro no es considerado, ya que, de acuerdo con la tecnología utilizada, básicamente los problemas en cuanto a este tipo de atenuación se presentarán cuando el abonado se encuentre a una distancia mayor de 300m.

f) **Atenuación Total**

Un parámetro que también utiliza al momento de hacer el cálculo, es el margen de seguridad (Ms) que permite garantizar el enlace por atenuación cuando existan degradaciones de conectores, envejecimiento de los componentes, variaciones en parámetros de transmisión por factores ambientales y empalmes de mantenimiento. Su valor estipulado será de 1 dB.

- Usuario más alejado de la OLT

$$At = Af + l_C + P_{ST} + Ae + Ms$$

$$At(1310nm) = 20.43 \text{ DB}$$

$$At(1550nm) = 20.25 \text{ dB}$$

- Usuario más cercano de la OLT

$$At = Af + l_C + P_{ST} + Ae + Ms$$

$$At(1310nm) = 17.25 \text{ dB}$$

$$At(1550nm) = 17.41 \text{ dB}$$

2.4.7.2. *Cálculo del balance de potencias*

Se recomienda seleccionar un transmisor óptico con un valor comercial ligeramente mayor al valor teórico (redondeo hacia arriba) para garantizar un nivel de 0 dBm a la entrada del receptor óptico. Si se excede por mucho el valor, entonces probablemente será necesario colocar un atenuador óptico a la entrada del receptor para ajustar el valor.

Considerando que para este ejemplo se elige un transmisor con salida óptica de 5 dBm, se tiene:

$$Prx \leq Ptx - \alpha Total$$

Donde:

Prx: Potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo.

Ptx: Potencia máxima del transmisor óptico.

α Total: Valor total de pérdidas.

a) **Usuario más lejano**

$$\begin{aligned} Prx &\leq Ptx - \alpha Total \\ -28 \text{ dBm} &\leq 5 \text{ dBm} - 20.43 \\ -28 \text{ dBm} &\leq -15.43 \end{aligned}$$

b) **Usuario más cercano**

$$\begin{aligned} Prx &\leq Ptx - \alpha Total \\ -28 \text{ dBm} &\leq 5 \text{ dBm} - 17.25 \\ -28 \text{ dBm} &\leq -12.25 \end{aligned}$$

CAPÍTULO III

3. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

3.1. SIMULACIÓN

3.1.1. Descripción de la Herramienta

Para la simulación en este estudio se ha utilizado la herramienta OptiSystem 14.0 en su versión de prueba.

OptiSystem 14.0 es un software de diseño integral que permite a los usuarios realizar simulaciones de un diseño de fibra óptica con ciertas características, con el software se puede planificar, realizar pruebas de ensayo y error, simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las modernas redes ópticas.

La aplicación permite hacer un diseño virtual de cualquier tipo de conexión óptica en la capa física, y el análisis de una amplia gama de redes ópticas, de los sistemas más sencillos de transmisión a larga distancia. El software puede ser utilizado en las siguientes aplicaciones:

Esta herramienta permite realizar o simular ciertas situaciones como:

- Visión de próximas redes con modificaciones en unos sistemas establecidos.
- Simulación de sistemas ópticos (redes).
- SONET Y SDH de redes en anillo.
- Amplificadores, receptores y transistores
- Diseño de las redes de CATV o TDM/ WDM.
- Redes ópticas pasivas basadas en FTTx.



- Sistema Free Space Optic (FSO)

Grafico 1-3: Software OptiSystem
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.1.2. Entorno Gráfico

Para acceder al entorno gráfico de usuario (GUI) ingresamos a al menú de inicio de Windows y se lo busca dentro de los programas que se hayan instalados, o directamente desde escritorio mediante su acceso directo.

Contiene una interfaz gráfica en el que el control de las capas de componentes ópticos, modelo de componentes y presentación gráfica. Tiene una amplia biblioteca de componentes tanto activos como pasivos, incluyen varios parámetros realistas que dependen de características como la longitud de onda de la luz. Dentro de la ventana principal de OptiSystem 14.0 se identifican 4 secciones principales, las misma que son:

- Ventana principal del proyecto
- La Barra de menú
- La Barra de estado
- Librerías de componentes

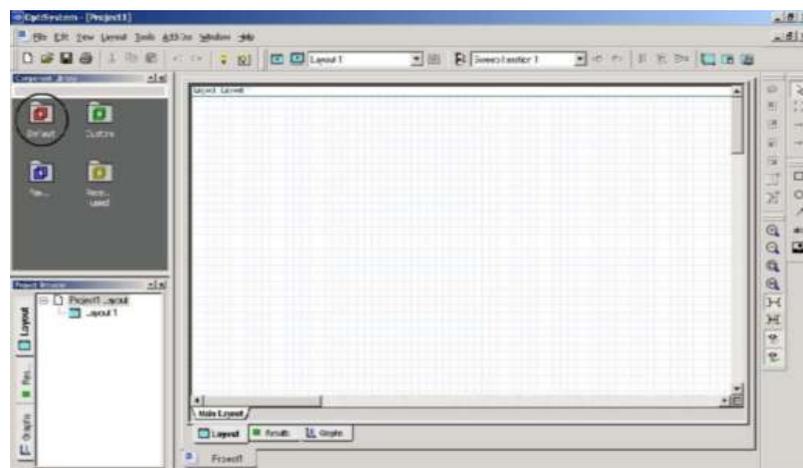


Grafico 2-3: Entorno Gráfico
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.1.3. Simulación de la Red Acceso

Con la finalidad de corroborar resultados que se obtuvieron en el presupuesto óptico de pérdidas de potencia de la sección 2.4.7. se procede a simular la red respecto al usuario más cercano y el usuario más lejano. Nuestro proyecto se comprende en tres aspectos de simulación, la OLT, la red feeder, las ONUs.

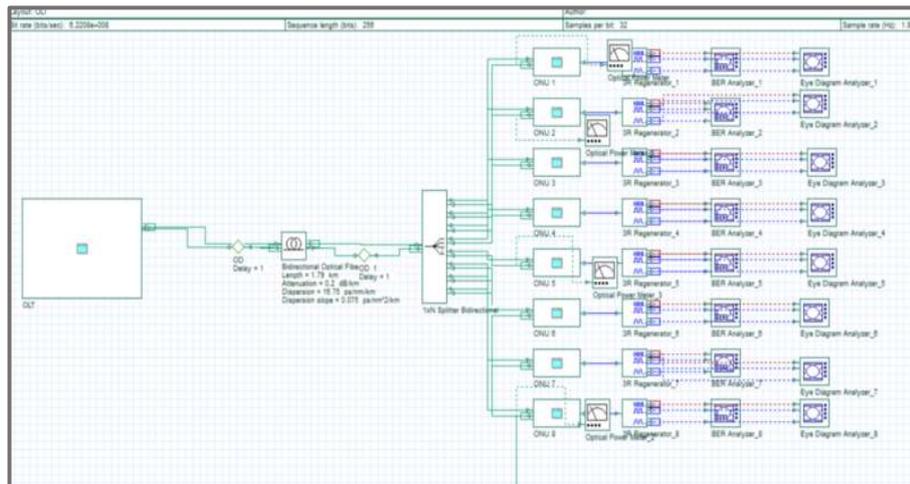


Grafico 3-3: Diseño de Red de Acceso
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.1.4. Terminal de línea óptico (OLT)

La OLT o Cabecera está compuesta por subsistemas que comprenden a los transmisores de datos/voz y de video para transmitir la información hacia los clientes de bajada (Downstream) y más el receptor que es el encargado de interpretar los datos transmitidos por las ONU'S de subida (Upstream). Adicionalmente tiene parámetros de transmisión de 1490 nm y 1550 nm, como se observa en la figura 3-3.

A continuación, describiremos cada uno de los bloques comprendidos en la OLT ya que cada uno de ellos trabaja de forma distinta, es así que observando la figura 4-3, para el transmisor de datos/voz trabaja mediante un código de línea NRZ.

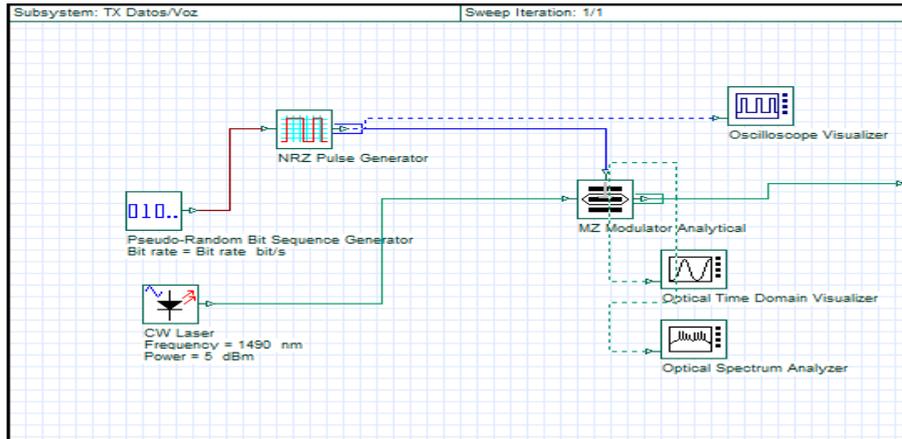


Gráfico 4-3: Transmisor de Datos/Voz
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

Los transmisores de datos/voz como de video constan de un modulador externo, el mismo que llega lleva a cabo la modulación EOM (Modulación óptica-eléctrica) en amplitud. Por ello, se recurre al elemento Mach Zehnder para cumplir con el funcionamiento del interferómetro. En la Figura 5-3 se puede observar que los datos correspondientes al video RF, son transmitidos mediante una modulación 16-QAM.

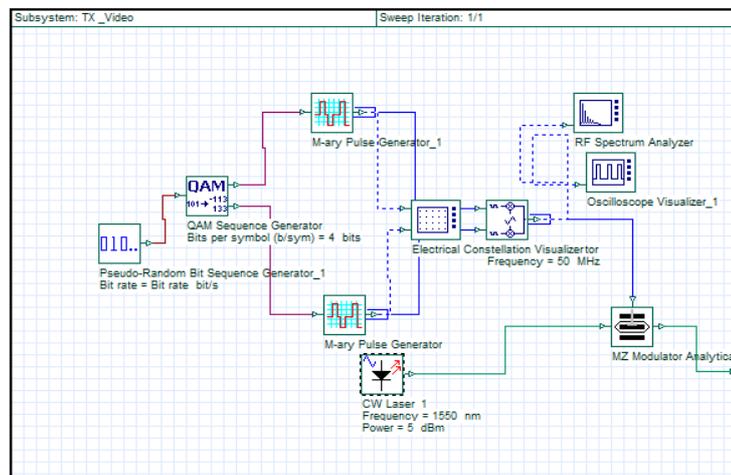


Gráfico 5-3: Transmisor de Video
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

El Receptor consta de un fotodetector PIN, encargado de realizar la conversión de óptica a eléctrica. Adicionalmente pasa por el filtro para eliminar frecuencias indeseables como ruido introducido por el fotodetector obteniendo datos transmitidos por las ONUs listos para ser interpretados para así poder visualizar todos los datos recibidos.

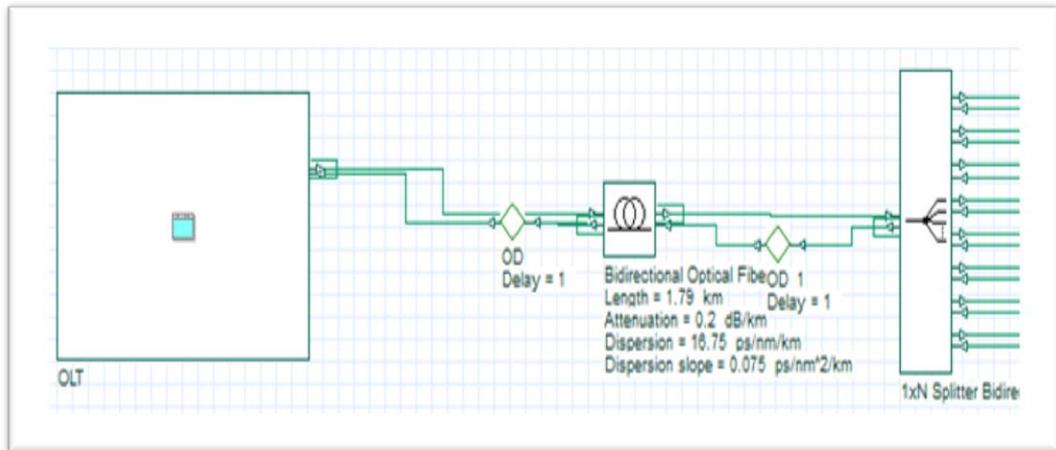


Grafico 7-3: Red Feeder
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.1.6. Descripción del Equipo Receptor (ONU)

Como se mencionó anteriormente, la simulación cuenta con el último bloque que es el equipo ONU encargado de interpretar la información que envía la OLT lo cual, la decodifica y convierte en una señal eléctrica y para el caso de las señales digitales IP envía secuencias de *Upstream* para que la transmisión sea Full Duplex.

En la figura 7-3 se encuentran los siguientes bloques que realizan los procesos inversos que fueron expuestos anteriormente en la OLT. Es así que se cuenta con un receptor para DATOS/VOZ, un receptor para video y un transmisor para los datos de subida (*Upstream*).

En el receptor de DATOS/VOZ se utilizó un Photodetector PIN el cual transforma la señal óptica a una señal eléctrica y que es filtrada por un filtro Bessel para poder visualizarse el factor Q.

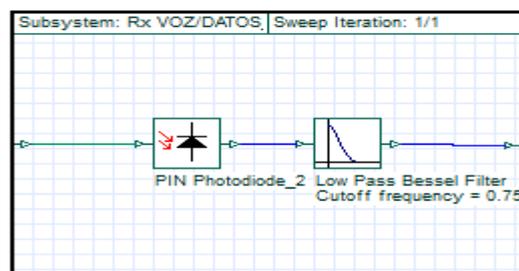


Grafico 8-3: Receptor de Datos/Voz
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

En cambio, para el receptor de VIDEO a más del Photodetector se realiza una demodulación de los datos transmitidos, a través de la demodulación de 16-QAM donde se define los umbrales. Obsérvese la figura 9-3.

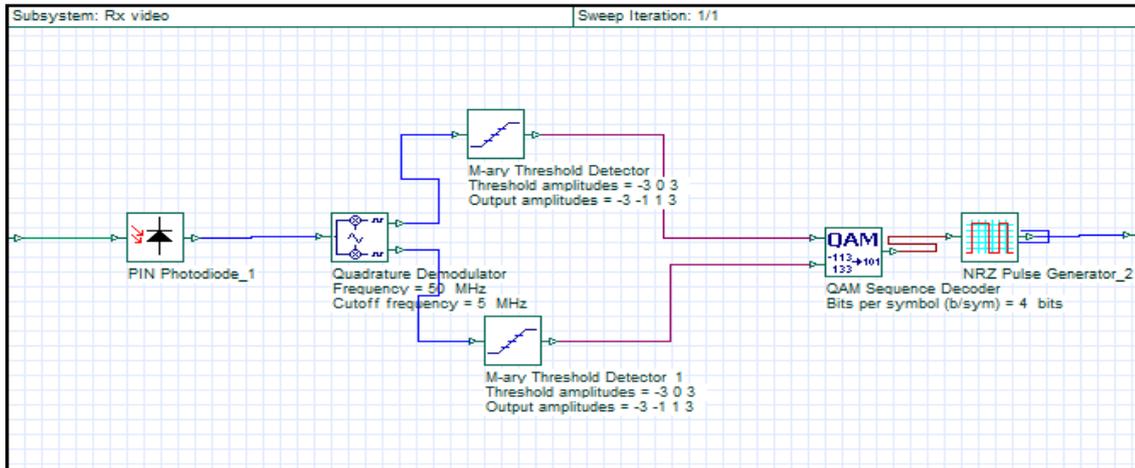
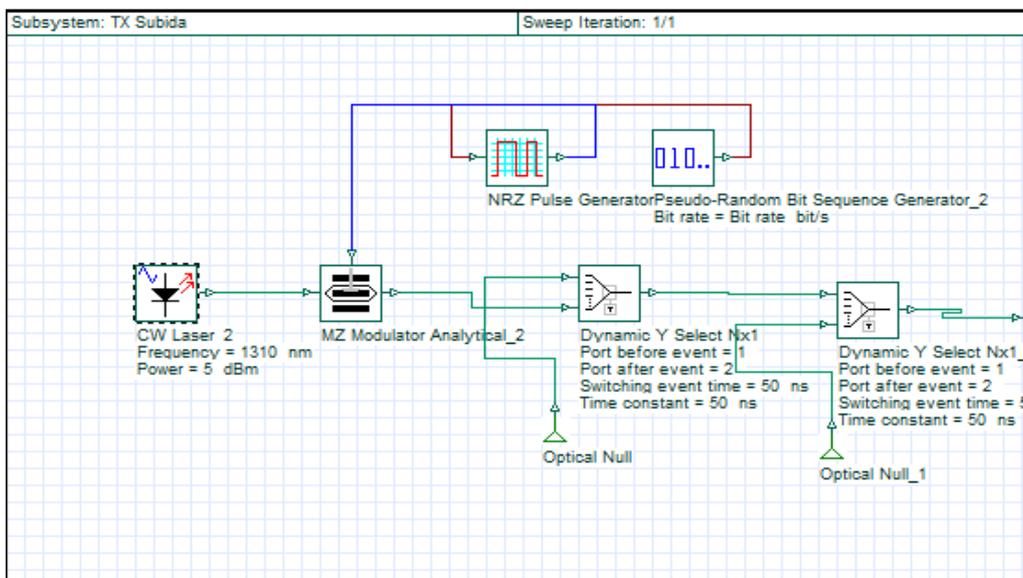


Grafico 9-3: Receptor de Video
 Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

Para el transmisor de subida es similar al transmisor de Datos/Voz de bajada, pero con la diferencia que éste opera en una longitud de onda distinta acoplado al Dinamic -Select que son usados para ejemplificar el acceso al medio TDMA, enviando una parte de la secuencia de bits generados por el transmisor, trabajan de forma similar a un filtro pasabanda, pero en el dominio del tiempo a continuación, se muestra el diagrama.



G r a f i c o 1 0 - 3 : T r a

nsmisor de Upstream
 Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.1.7. Resultados de la Simulación

Los resultados obtenidos de la simulación se presentan a partir del análisis de la potencia en el que se muestran los valores medidos a través del recorrido de la fibra óptica desde la OLT hasta el equipo de recepción ONU. Asimismo, se analiza la señal resultante del enlace de subida y bajada, mediante el Diagrama de Ojo el que nos permite visualizar datos específicos sobre la calidad del enlace, de la misma forma para el usuario más cercano que se encuentra a 1.56 km de y el usuario más lejano a 1.79 km de distancia de la OLT.

Los requerimientos para el mismo fueron analizados con el fin de asegurar que los niveles de potencia que recibe son adecuados y mediante la simulación se pretende corroborar los datos obtenidos del análisis teórico teniendo, así como resultados lo siguiente:

3.1.8. OLT

La señal transmitida por la OLT genera una secuencia de bits pseudo-aleatoria, misma que es codificada por un NRZ codificador, lo cual dentro de la secuencia del interferómetro logra que la portadora óptica sea constante para así transportar los datos en la longitud de onda de 1490 nm como se muestra en la figura 11-3

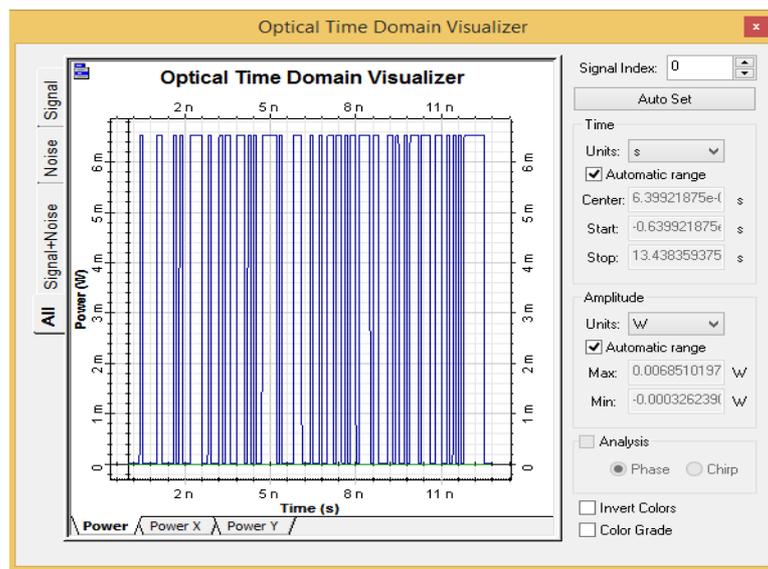


Grafico 11-3: Señal Transmitida por OLT
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 201

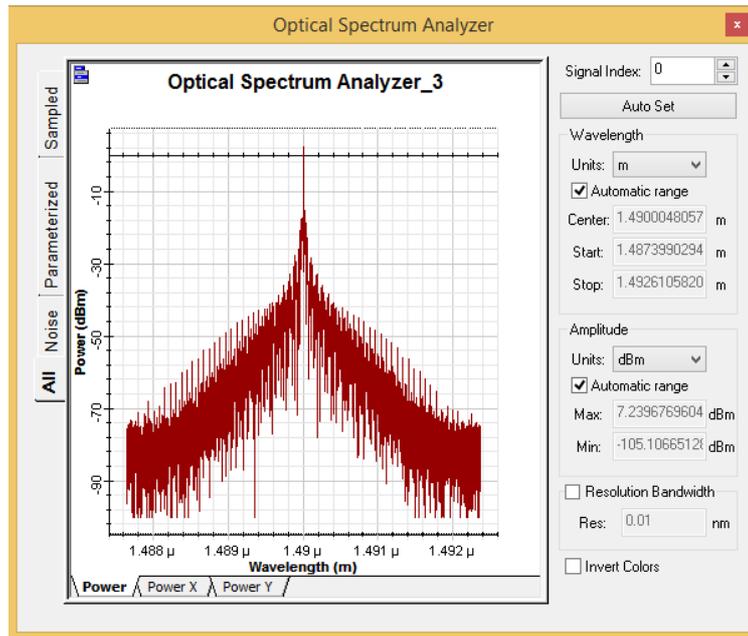


Grafico 12-3: Espectro de la Señal Óptica
 Realizado por: ZAMBRANO Belen. 201

Además, como se mencionó anteriormente la OLT cuenta de un transmisor de video el mismo que envía una señal pseudo-aleatoria al igual que el transmisor de datos misma que modula a 4bist de símbolos mediante la simulación de 16-QAM como se muestran a continuación.

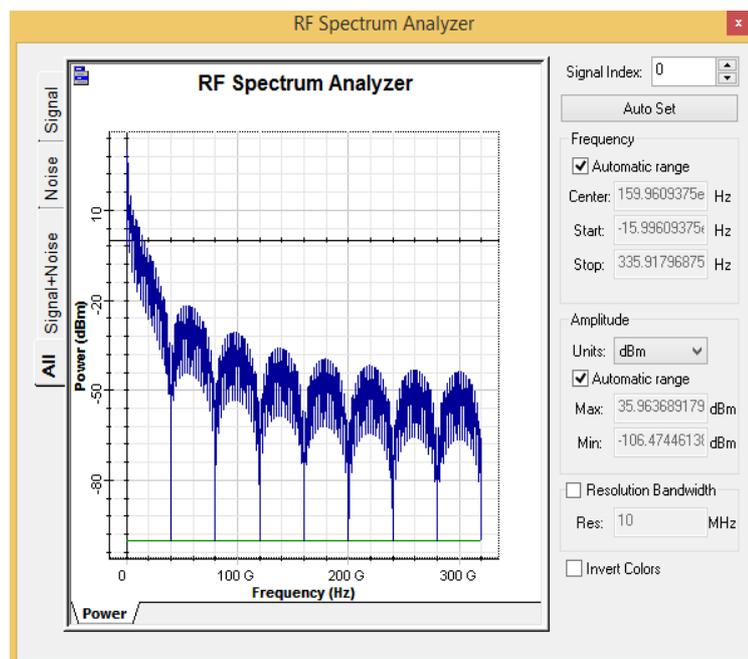


Grafico 13-3: Espectro de la señal óptica resultante
 Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

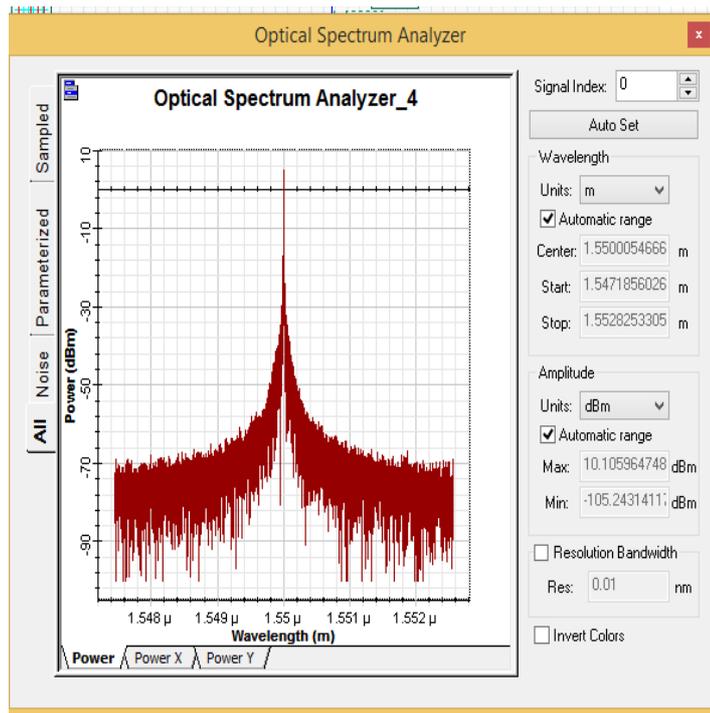


Grafico 14-3: Espectro de la señal óptica
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.1.9. Potencia

La potencia máxima con la que la señal óptica resultante es transmitida desde la OLT utilizada para determinar la señal al llegar a las ONUs no será demasiada alta para no deteriorar la señal.

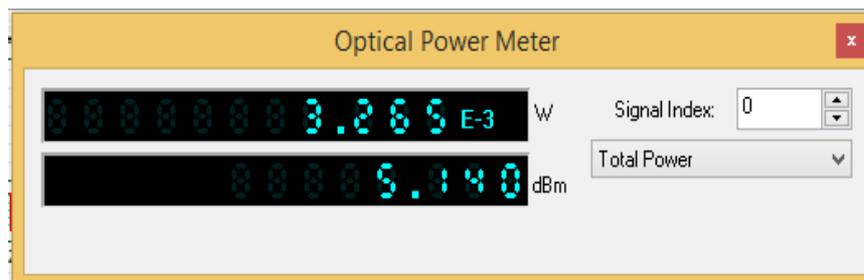


Grafico 15-3: Potencia de la señal óptica resultante transmitida por la OLT
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 201

En el transcurso del trayecto la potencia a la salida de la OLT sufrirá varios niveles de pérdida, teniendo, así como primer paso la atenuación sufrida por el medio de transmisión medida antes y después de la fibra óptica.

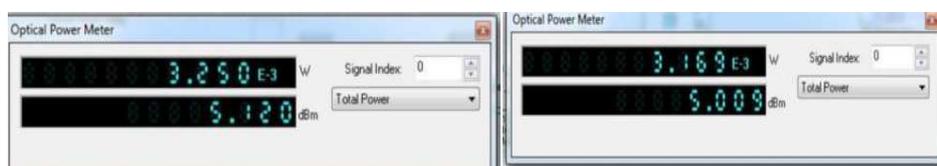


Grafico 16-3: Potencia medida antes y después de la fibra óptica
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

Como se puede corroborar en la figura 15-3 la potencia de la señal sufre una reducción, lo que nos indica que la fibra óptica está cumpliendo con su función. Lo cual, se ha configurado este elemento con los siguientes parámetros su coeficiente de atenuación tiene un valor de 0.4 dB/Km y una distancia de 1.58 km multiplicando $0.4 \frac{db}{km} * 1.58 km$ por lo que se debería obtener una atenuación total aproximadamente -0.632 dB como se puede apreciar la diferencia en sus resultados es exactamente la misma.

3.1.9.1. Usuario más cercano

Finalmente se establecen los valores de pérdidas por conectores, empalmes y margen de guarda; para lo cual se utilizó atenuadores que representan estos valores, teniendo la potencia final recibida por la ONU. Nuestro usuario más cercano se encuentra a 1.56 km de distancia dándonos como un resultado teórico 12.25 dBm con una diferencia de 2.09 dBm.

Es importante señalar que el equipo receptor dentro de sus características posee una sensibilidad de recepción de -28 dBm, por lo tanto, podemos concluir que el resultado es óptimo al encontrarse dentro de la escala de sensibilidad de potencia que tiene el equipo.

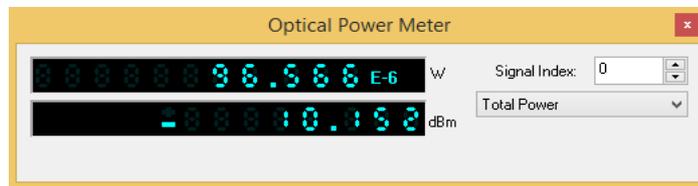
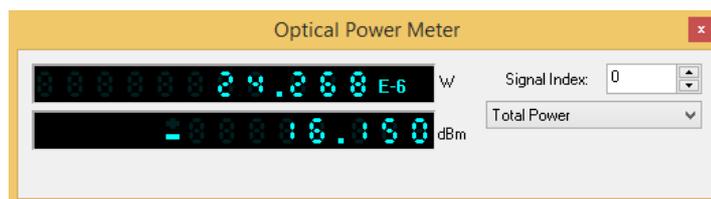


Grafico 17-3: Potencia recibida en el equipo ONU
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.1.9.2. Usuario más lejano

El usuario más lejano se encuentra a 1.79 km de distancia de la OLT, y para el mismo se comprueba que la intensidad de potencia lumínica sea lo suficientemente alta para que no sea menor al umbral mínimo de recepción de la ONUs, lo cual sea capaz de interpretar información.



Su distancia teórica es de 15.43 dBm teniendo una diferencia mínima de -0.72 dBm

Grafico 18-3: Potencia recibida en el equipo ONU
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.1.10. Factor Q y Mínimo BER

En las siguientes gráficas, se muestran los resultados obtenidos en el equipo ONU empleando el analizador BER (Bit Error Rate). El factor Q indica el comportamiento del sistema a través de distintos factores como atenuación, dispersión y ruidos. Dicho comportamiento se ve reflejado en el parámetro de BER, que es una relación entre bits recibidos y bits erróneos orientada a cifrada y descifrado del mensaje.

En las siguientes imágenes se pondrán como ejemplo las ONT 0 y la ONT 8 que corresponde a la primera y última ONT ya que las demás presentan valores similares.

3.1.10.1. Usuario más cercano

En la siguiente figura 18-3 podemos observar un factor de calidad de 16.67, se muestra los resultados obtenidos en el equipo ONU 1 empleando el analizador BER (Bit Error Rate)

Q Factor

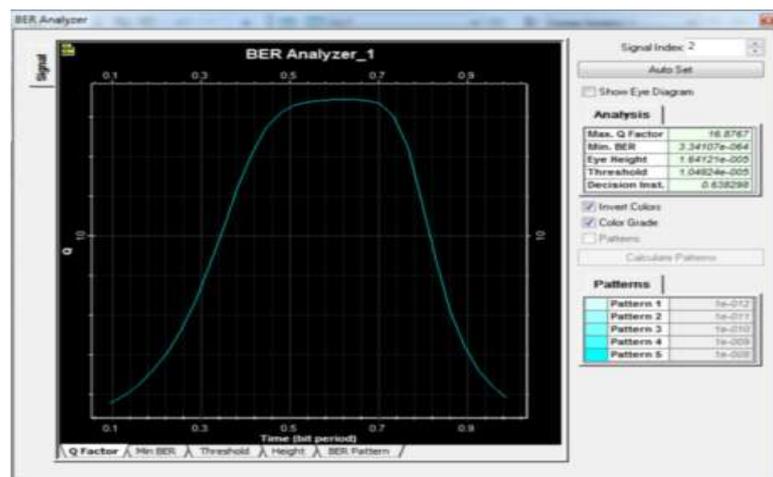


Grafico 19-3: Q Factor
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

Mínimo BER

Para este caso, tenemos un mínimo de Ber de 3.34×10^{-06} correspondiente a la ONT 1 se encuentra en la Agencia Nacional de tránsito.

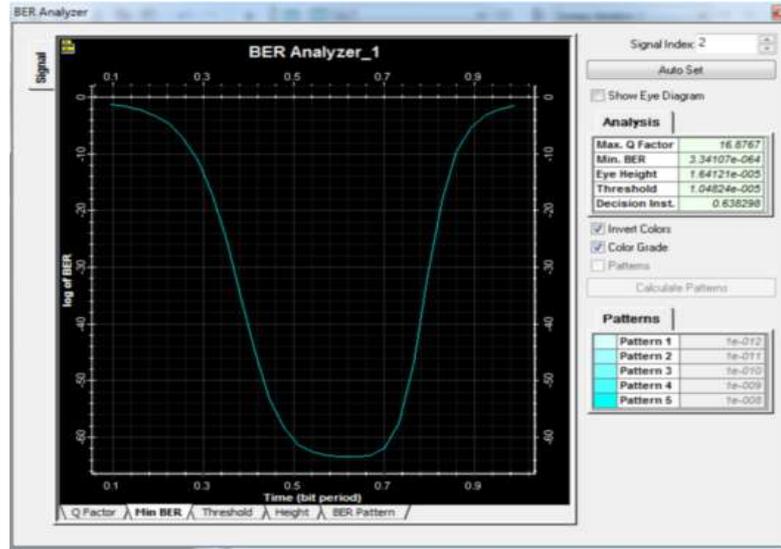


Grafico 20-3: Mínimo BER (Usuario más cercano)
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.1.10.2. Usuario más lejano

En la figura 21-3 podemos observar el usuario más lejano que en este caso es la edificación del Consejo de la Judicatura con su factor Q y un resultado de BER mostrados correspondientes a la ONT 8.

Q-Factor

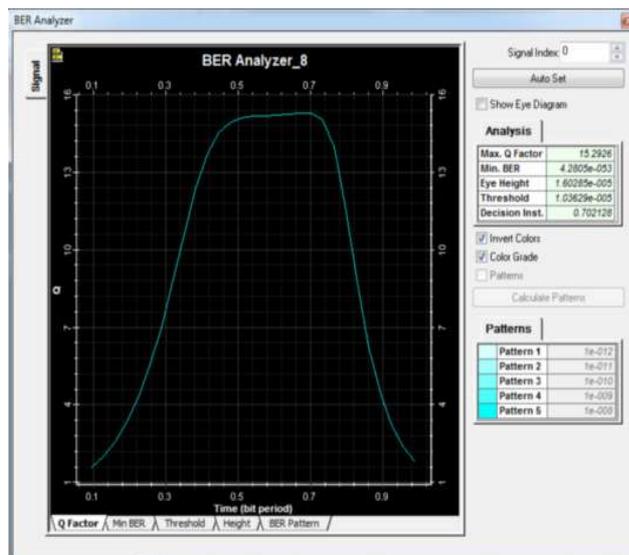


Grafico 21-3: Q-Factor
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

Mínimo BER

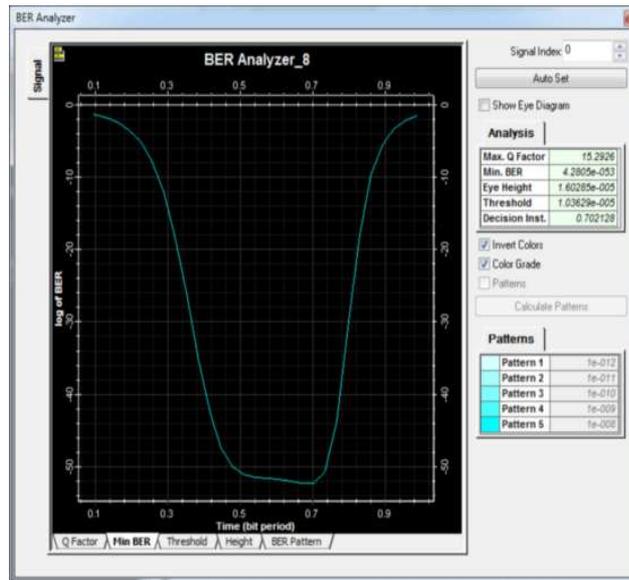


Grafico 22-3: Mínimo Ber (Usuario más lejano)
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.1.11. Diagrama de Ojo

El diagrama de Ojo está diseñado para mostrar las diferentes combinaciones de ceros y unos en un determinado tiempo y con cantidades de bits establecidos. Con este simulador se pueden medir varios parámetros de interés. En este proyecto se hace énfasis en el análisis del BER (Bit Error Rate), a través del diagrama de ojo, por ser el indicador principal que garantiza la calidad del enlace.

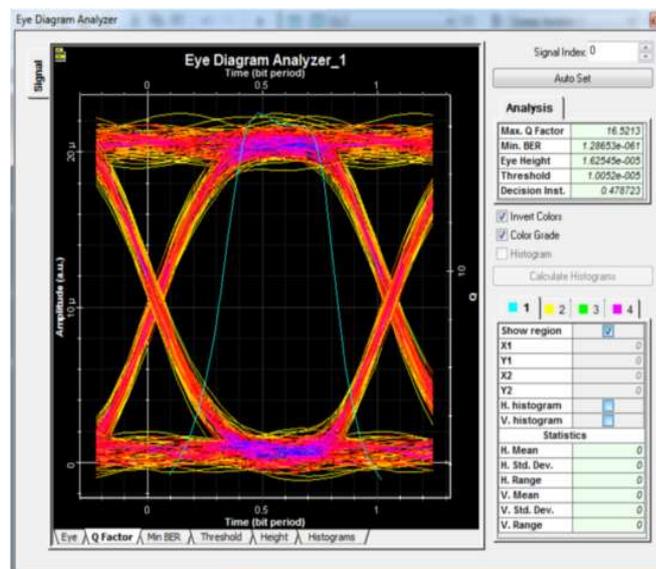


Grafico 23-3: Señal recibida en el equipo ONU (ANT)
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

Seguidamente se presenta el diagrama de ojo del enlace upstream en donde podemos observar la calidad de la señal que se recibe en la OLT desde la ANT (*Agencia Nacional Transito*)

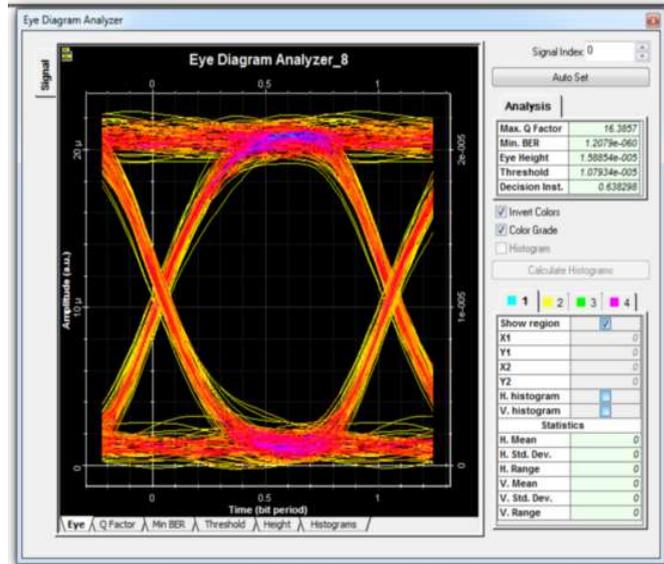


Grafico 24-3: Señal Recibida en la OLT desde la ANT
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

En la figura 25-3 se presenta el diagrama de ojo de la señal que se recibe en el equipo ONU 8 del consejo de la judicatura, donde podemos observar para el enlace Downstream.

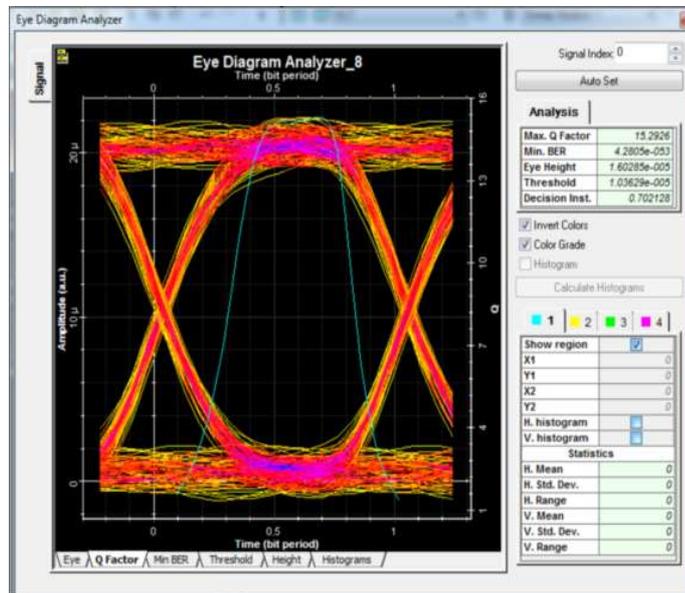


Grafico 25-3: Señal Recibida de la ONU desde el CSJ
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

A continuación, se presenta la calidad del enlace óptico para el enlace upstream, es decir la eficiencia de la señal que se recibe en la OLT desde la Consejo de la Judicatura (CSJ)

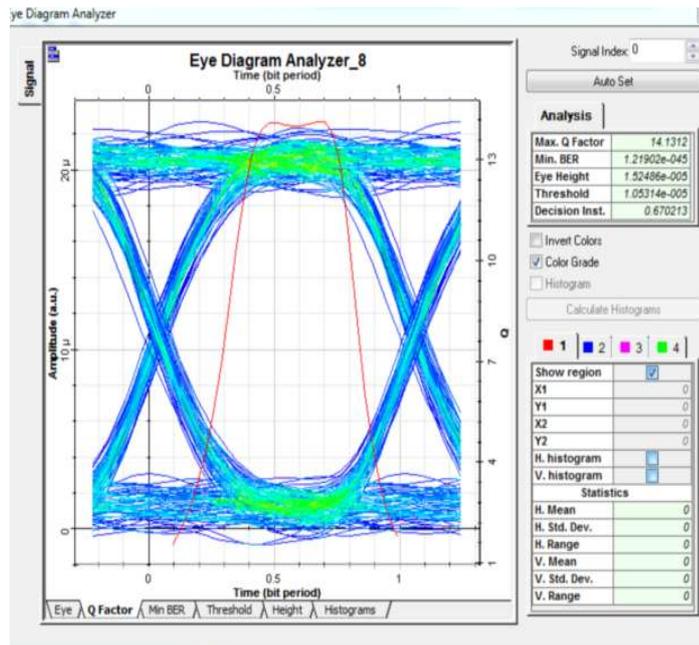


Grafico 26-3: Señal Recibida en la OLT desde el CSJ
Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.2. Servicios Triple Play

Actualmente la demanda de ancho de banda por parte de los usuarios de las redes cada vez es mayor, debido al surgimiento de nuevos servicios ofrecidos por las operadoras, entre los cuales destacamos: redes privadas virtuales, telefonía sobre IP, videoconferencia, televisión de alta definición, video sobre demanda, juegos multi-participantes en línea, cloud computing, distribución de contenido y muchas otras aplicaciones multimedia con exigencias en tiempo real que precisan mayores capacidades y tasas de transmisión en el backbone de la red, para poder satisfacer los requerimientos actuales de los futuros usuarios.

DEMANDA DE ANCHO DE BANDA	
Video sobre demanda	15
Redes Privadas Virtuales	2
Videoconferencia	16l
Navegación en Internet	1.5
Juegos en Línea	1
Televisión de alta Definición	19.2
Total	39.7

Tabla 1-3: Demanda de ancho de banda

Realizado por: ZAMBRANO Belen. 2017

3.2.1. *Definición Triple Play*

Es la convergencia de los servicios de Voz, Datos (Internet) y Televisión a través de un mismo medio para obtener mayor cantidad de información en menor tiempo, en consecuencia, requieren mejor calidad de transmisión de datos para mayor cantidad de servicios.

“En el Ecuador, actualmente brindan servicio triple *play*, pero utilizando diferentes medios de comunicación, lo que más bien es conocido como un combo comercial que como un servicio *triple play*” (Ruiz, 2015, p.25).

3.2.2. *Voz, Internet y CaTV*

A partir del dispositivo ONU que fue ubicado en las diferentes edificaciones que forman el proyecto City Hall. Para el servicio de CaTV la señal de RF se debe obtener desde una cabecera de TV, esta señal es enviada en forma analógica a través de la red de fibra óptica, superpuesta a la transmisión de datos, utilizando una longitud de onda diferente.

la señal de RF, que abarca desde 80 a 862 MHz para el caso de la señal de TV terrestre y desde 950 a 2150 MHz para la señal vía satélite. Para distribuir el servicio de CaTV en arquitecturas FTTN de edificios de tamaño medio y pequeño es una buena opción adquirir equipos que la empresa Televes, que al ser una empresa dedicada a la investigación, diseño, fabricación y comercialización de equipos de telecomunicaciones, donde su especialidad es la recepción y distribución de señales de radiotelevisión, se propone hacer uso de sus dispositivos como un CATV Amplificador de interior, varios Repartidores EMC y tomas de Tipo T1 R-TV para distribuir este servicio en los edificios del proyecto.

3.2.3. *Voz, Internet e IPTV*

Voz e Internet. - A partir del dispositivo ONU que fue ubicado en los diferentes edificios que forman el proyecto.

IPTV. -Para el servicio de IPTV la señal de televisión es encapsulada en paquetes IP y es transmitida por la fibra óptica junto con los datos, utilizando la misma longitud de onda. Para brindar este servicio a la institución se requiere de un servidor de IPTV, el cual debe estar conectado a la OLT que se encuentra ubicada en la edificación de Agencia Nacional de Tránsito (ANT) Para su distribución en arquitecturas FTTN se requiere de una red interna para IPTV

correcta y varios dispositivos STB (Set-Top Box) dependiendo del número de TVs que se pretende poseer en cada edificio.

3.3. Costo-Beneficio del Proyecto

En la Tabla -3 se indican los precios referenciales de los equipos necesarios para el desarrollo de la red de acceso de nuestro proyecto. Básicamente debe cumplir los requerimientos de nuestro diseño que permitan discriminar a las distintas marcas que ofertan este tipo de producto.

Dentro del presente diseño se requiere hacer un análisis económico a fin de determinar la viabilidad o no del proyecto, para esto se analizará los costos que implican la puesta en marcha del presente diseño

3.3.1. Costos de Inversión

Se subdividirá nuestra red de acceso en: Costos de Red Feeder, Costos de Red Distribución, Costos de Red de dispersión, Costos de red de canalización y Costos de Equipos Activos. Además, al sumar estos elementos obtendremos el Costo Total de Inversión.

3.3.1.1. Costo de la Red Feeder

El valor del costo de la red de Feeder y distribución se muestran en la tabla 2-3 y 3-3 respectivamente y contiene el suministro de: empales, tendido del cable de fibra óptica, colocación de herrajes, splitters, conectores, caja de distribución óptica y subidas a poste. se muestra los costos y los materiales.

Tabla 2-3: Costos de Red Feeder

COSTO DE RED FEDEER				
DESCRIPCION DELMATERIAL	UNIDA D	CANTIDA D	PRECIO UNITARI	TOTAL

			O	
Fusión de 1 hilo de fibra óptica	U	2	\$11.09	\$22.18
Porta reservas fibra óptica pozo	U	1	\$17	\$17
Instalación y colocación de una manga subterránea de 96 hilos	U	1	\$442.3	\$442.3
Instalación y colocación de identificador acrílico de fibra óptica 8cm x 4cm	U	2	\$5.39	\$10.78
Instalación y tendido de cable canalizado de 12 hilos monomodo G652.D	U	29	\$2.55	\$73.95
Instalación y colocación splitter PLC para fusión (1x8)	U	2	\$31.65	\$63.3
Instalación y colocación de cable canalizado 48 F.0 Monomodo G.652.D	M	1500	\$3.37	\$5055
Prueba reflectométrica uni direccional por fibra	H	2	\$8.48	\$16.96
TOTAL				\$5701.47

Fuente: ZAMBRANO Belen. 2017

3.3.1.2. Costo de la Red de Distribución

Tabla 3-3: Costos de Red de Distribución

COSTOS DE RED DE DISTRIBUCIÓN				
DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Fusión de 1 hilo de fibra óptica	U	20	\$11.09	\$221.8
Preparación de punta de cable de fibra óptica y sujeción de cables 6-96 hilos	U	20	\$7.45	\$149
Instalación y tendido de cable aéreo ADSS de F.0 Monomodo 24 hilos	M	720	\$2.79	\$2008.8
Instalación y colocación de Caja de Distribución aérea de 12puertos SC/APC	U	12	\$309.43	\$3713.16
Instalación y Colocación de identificador acrílico de fibra óptica 8cm x 4cm	U	32	\$5.39	\$172.48
Instalación y Colocación de herrajes de retención para fibra ADSS	U	6	\$15.53	\$93.18
Instalación y Colocación Splitter PLC Para Fusión (1x4)	U	10	\$149.11	\$1491.1
Instalación y Colocación Splitter PLC Para Fusión (1x2)	U	2	\$262	\$524
Prueba de potencia de 1 hilo de fibra óptica	H	10	\$8.86	\$88.6
Prueba reflectométrica unidireccional por fibra	H	10	\$8.48	\$84.8
TOTAL				\$8546.92

Fuente: ZAMBRANO Belen. 2017

3.3.1.3. Costo de la Red de Dispersión

Tabla 4-3: Costos de Red de Dispersión

COSTOS DE RED DE DISPERSIÓN				
DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Fusión de 1 hilo de fibra óptica	U	82	11.09	\$909.38
Instalación y tendido de cable aéreo ADSS de F.0 Monomodo 6 hilos	M	400	2.31	\$924
Instalación y Colocación de identificador acrílico de fibra óptica 8cmx4cm	U	84	5.39	\$452.76
Instalación y Colocación de Patch Cord duplex DC/APC y SC/APC de 5 mts G.652D	U	42	13.83	\$580.86
Instalación y tendido de 2 hilos incluye 2 adaptadores SC/APC con 2 manguitos de protección de empalme de 40 mm	U	42	25.15	\$1056.3
Instalación y tendido de cable para interior de cable coaxial	M	2500	1.54	\$3850
Suministro de splitter Holland	U	10	49	\$490
TOTAL				\$8263.3

Fuente: ZAMBRANO Belén. 2017

3.3.1.4. Costo de la Red de Canalización

Tabla 5-3: Costos de Red de Canalización

COSTOS DE LA RED DE CANALIZACIÓN				
UNIDAD DE PLANTA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Canalización acera de 2vías	M	8	\$16.73	\$133.84
Instalación y colocación de subida a poste para fibra óptica con tubo de 3m de 2"	U	1	\$56.8	\$56.8
Pozo acera 48 bloques 2 convergencias	U	1	\$873.56	\$873.56
Rotura de acera	M2	4.8	\$22.11	\$106.128
Excavación para subida a poste o mural	M	3	\$4.19	\$12.57
TOTAL				\$1182.898

Fuente: ZAMBRANO Belén. 2017

3.3.1.5. Costo Total de Equipos Activos

Tabla 6-3: Costos Total de Equipos Activos

COSTOS TOTAL DE EQUIPOS ACTIVOS			
EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Smart OLT	1	\$3947	\$3947
ODF de 12 puertos FC/PC con accesorios de empalme por fusión 1	1	\$650	\$650
ONUs	20	\$151	\$3020
TOTAL			\$7617

Fuente: ZAMBRANO Belen. 2017

3.3.1.6. Costo de la Red Total

En base a los costos desglosados de equipos activos y elementos pasivos, se procede a determinar el costo total de la red que es la suma de todos los rubros, lo que nos ayudará a obtener un presupuesto referencial que sería el capital a invertir en el proyecto

Tabla 7-3: Costos Total de la Red de Acceso

COSTO TOTAL DE LA RED DE ACCESO	
DESCRIPCIÓN	TOTAL
Costos de la Red Fedeer	\$5701.47
Costos de la Red de Distribución	\$8546.92
Costos de la Red de Dispersión	\$8263.3
Costos de la Red de Canalización	\$1182.898
Total	\$23694.588
IVA 12%	\$1884.815
TOTAL	\$25579.403

Fuente: ZAMBRANO Belen. 2017

Nos da un valor total del costo de inversión que será la suma de total pasivos más total de activos, dándonos un valor de $\$7617 + \$25579.403 = \$33196.403$

3.3.2. Beneficio del proyecto

El proyecto CITY HALL contará con una red convergente que hace referencia a la integración de voz, datos y video, sobre una sola red. De este modo la red de acceso será flexible, escalable y viable con bajos costos de mantenimiento

CONCLUSIONES

- ❖ Al realizar un análisis de las tecnologías FTTx y HFC para el proyecto City Hall ubicado en el cantón la Concordia se determinó los estándares, la topología, tipo de fibra y parámetros de dimensionamiento óptimos para el diseño, permitiendo que los usuarios del proyecto tengan una red de acceso flexible, escalable y viable.
- ❖ Para el diseño de la red de acceso se realiza la selección del nivel de splitter y la atenuación total que introduce el cable de fibra óptica en la red feeder, lo cual juegan un efecto importante al momento de calcular el presupuesto óptico de la red, ya que el splitter es el elemento que introduce mayor atenuación y es el que determina la cobertura máxima de la red. Por ello, para cada conector que se utilice en el camino óptico debe presupuestarse como 0.5 dB según la ITU de pérdida por inserción o atenuación. Además, fue calculado un margen de seguridad de 3dB, lo que permite

receptar las señales sin pérdidas de datos por ende la ONU más lejana en los cálculos obtenidos no supera el rango de atenuación de los 28 dB, lo que recomienda y enfatiza las tecnologías empleadas

- ❖ En cuanto a selección de equipos activos se optó por el proveedor HUAWEI que es líder en redes de telecomunicaciones de fibra en el Ecuador, puesto que tiene la ventaja sobre sus competidores de precio reducido; permitiendo la escalabilidad y compatibilidad de los equipos actuales con los propuestos para la red de acceso.
- ❖ La simulación si bien es cierto es un esquema irreal, para este proyecto se la utiliza con el fin de verificar la funcionalidad del sistema, ya que todos los cálculos realizados de manera teórica no garantizan el correcto funcionamiento, por ello se evalúa mediante los parámetros del simulador OptiSystem en dos partes de la red, el canal de acceso del usuario más cercano y el canal de acceso del usuario más lejano del proyecto, para así comprobar que los resultados obtenidos son similares a los teóricos.
- ❖ Para observar los resultados de las señales que recibe la OLT y la ONU se utilizó el elemento *Eye Diagram Analyzer* en la simulación realizada en OptiSystem, donde se apreció para el usuario más cercano que el margen de defensa frente al ruido es amplio, esto se verifica con el valor obtenido del BER que es aproximadamente 2.44×10^{-10} lo que indica que de cada 10^{10} bits transmitidos, 2.4 bits llegarán errados. En el caso del usuario más lejano se tiene un valor obtenido del BER de 1.4×10^{-10} pues de cada 100 millones de bits enviados 1.4 bit llegara errado, finalmente los resultados del BER se consideran aceptables lo que nos permite tener una comunicación óptima entre equipos activos.
- ❖ Se presentó al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón La Concordia la propuesta del diseño de la red FTTX y HFC para su posterior instalación ya que el proyecto se considera rentable y viable según los resultados obtenidos en el costo beneficio de proyecto.

RECOMENDACIONES

- ❖ Es imprescindible iniciar cualquier proyecto con un conocimiento amplio y detallado de cada una de las posibilidades que se puedan presentar durante el proyecto; así que es recomendable tomarse el tiempo necesario para realizar diferentes análisis para corroborar que no existan problemas evitando retrasos y cambios significativos.
- ❖ Se recomienda al momento de su diseño dimensionar adecuadamente la red a implementarse, ya que las tecnologías cada día van avanzando por ende al diseñar la red debe ser capaz de servir por décadas a los usuarios, sin necesidad de incurrir gastos extremos para cubrir la demanda que requiera.
- ❖ Se debe tomar en cuenta siempre que todo proceso de diseño técnico de red debemos pensar en la peor alternativa o condición que el sistema debe soportar, con la finalidad de asegurar las condiciones del servicio de la red.
- ❖ Se debería tener una correcta planificación acerca del crecimiento de los servicios de telecomunicaciones por parte de las diferentes operadoras debido a que se debe mejorar la calidad de servicio que se ofrece y para ello trabajar con arquitecturas FTTx, es la mejor opción para poder abastecer las redes de edificios, barrios ciudades y urbanizaciones.
- ❖ Se recomienda aplicar e invertir en el presente proyecto al considerarse rentable y viable según los resultados obtenidos en el costo beneficio del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

1. **CEVALLOS SALAZAR, Gabriela Katherine; & CORONEL AYALA, Fausto Manuel.** *Diseño y Simulación de una red de acceso para brindar servicios Triple Play con tecnología FTTx en el centro de la ciudad de Ambato.* [En Línea] (Tesis Doctoral). QUITO/EPN/2014. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7343>.
2. **GOMEZ BOSSANO María Sol & MOREJON GAIBOR Adriana Paola.** “Estudio y diseño de una red de acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones triple play (voz, video y datos) en el sector oriental de la ciudad de Riobamba”. [En Línea] (Tesis). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Informática Y Electrónica, Escuela De Ingeniería Electrónica En Telecomunicaciones Y Redes, Ecuador. 2012. pp. 44-46. [Consulta: 2017-07-2]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2911/1/98T00026.pdf>
3. **ALULINA SALAZAR, Enrique Israel & PALADINES BRAVO, Cesar Augusto.** *Diseño de una red GPON para la localidad de Vilcabamba.* [En Línea] (Tesis) (Pregrado) Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.2014. pp. 6-16. [Consulta: 2017-04-21]. Disponible en: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8473/1/Alulima_Salazar_Enrique_Israel%20Paladines_Bravo_Cesar_Augusto\(Para%20subir%20al%20dspace\).pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8473/1/Alulima_Salazar_Enrique_Israel%20Paladines_Bravo_Cesar_Augusto(Para%20subir%20al%20dspace).pdf)
4. **GOMEZ BOSSANO, María Sol & MOREJON GAIBOR Adriana Paola.** “Estudio y diseño de una red de acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones triple play (voz, video y datos) en el sector oriental de la ciudad de Riobamba”. [En Línea] (Tesis). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Informática Y Electrónica, Escuela De Ingeniería Electrónica En Telecomunicaciones Y Redes, Ecuador. 2012. pp. 44-46. [Consulta: 2017-07-2]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2911/1/98T00026.pdf>.
5. **SENDRA SENDRA José Ramón y LÓPEZ SILVA Sonia María.** *Tema de consulta Comunicaciones Ópticas I.* [En Línea] Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de las Palmas de Gran Canaria [consulta: 27 junio 2017]. Disponible en: http://www.iuma.ulpgc.es/users/jrsendra/Docencia/Com_Opt_I/download/Com_Opt_I/Temario/caracteristicas.pdf

6. **ASTUDILLO SALINAS, Darwin Fabián.** *Diseño de una red FTTH para la utilización de servicios de los operadores de telecomunicaciones en la ciudad de Cuenca.* [En Línea] (Tesis de Maestría.). 2016. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25833/1/tesis.pdf>

7. **RUIZ LOVATO, David Ricardo.** *Estudio comparativo y simulación de las tecnologías PON tradicionales y emergentes.* [En Línea] (Tesis) (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador. 2015. pp. 104-1009. [Consulta: 2017-10-21]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10187/1/UPS%20-%20ST001841.pdf>

8. **JIMÉNEZ Zea, FERNANDO John.** *Diseño y simulación de una ONU para una red WDM-PON flexible mediante el software OptiSystem.* [En Línea] (Tesis) (Pregrado). Instituto Tecnológico Metropolitano. 2015. Disponible en: http://repositoriodspace.itm.edu.co/jspui/bitstream/itm/125/1/Diseno_simulacion_ONU_WDM-PON_software_OptiSystem_Zea_Jimenez_2015.pdf

9. **GONZÁLES CEDEÑO, Nidia Maribel; BECERRA ESTUPIÑÁN, Sergio Antonio.** *Diseño de una ODN para una red óptica de acceso mediante tecnología GPON para servicios triple play en el sector “La Tolita 1 y La Tolita 2” de la ciudad de Esmeraldas.* [En Línea] (Tesis) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2016. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5444/1/98T00098.pdf>

10. **GIRADO DÍAZ, Eddy Alejandro.** *Diseño de un sistema de radiodifusión comercial sobre un enlace de fibra óptica.* [En Línea] (Tesis Doctoral). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. 2013. Disponible en: <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/675/Eddy%20Alejandro%20Girado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

11. **OVIDO ORDÓÑEZ, Freddy Javier.** *Red de Acceso con Fibra Óptica mediante tecnología FTTx para optimizar espacios y servicios en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP.* 2011. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera Ingeniería Electrónica

y Comunicaciones. Disponible en:
http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/441/1/Tesis_t654ec.pdf

12. **GARCÍA FERNÁNDEZ, Roberto.** *Desarrollo de un modelo de red con tecnología FTTX para la transmisión de voz y datos. Análisis del protocolo de acceso al medio y validación del tráfico generado.* [En Línea] (Tesis Doctoral) 2006. Disponible en: <http://studylib.es/doc/1461620/desarrollo-de-un-modelo-de-redcontecnolog%C3%ADa-fttx-para-t.pdf>
13. **ACOSTA ARIAS, Carlos Javier.** *Diseño técnico de la red de acceso para la empresa Arclad SA, mediante tecnología FTTX (fiber to the x), a través de la infraestructura de red de CNT EP y criterios de instalación.* 2012. [En Línea] (Tesis de Ingeniería). QUITO/EPN/2012. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4845/1/CD-4439.pdf>
14. **DONOSO VALLEJO, José Sebastián.** *Estudio de factibilidad y diseño de una red HFC para aplicaciones triple play para la empresa parabólica del norte en la ciudad de Atuntaqui.* [En Línea] (Tesis de Ingeniería). Sangolqui/EPE/2012. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/5605/T-ESPE-033679.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. **QUISHPE PÉREZ, Alejandra Soraya; & VINUEZA ESTÉVEZ, Nuvia Soraya.** *Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios Triple Play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (FIBER TO THE X).* [En Línea] (Tesis de Ingeniería). QUITO/EPN/2010. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>
16. **ÍNIGUEZ AGUILAR, Paulette Kristell; & NARVÁEZ NARVÁEZ, José Antonio.** *Análisis técnico y económico de una migración de redes HFC a redes G-PON.* [En Línea] (Tesis)(Pregrado). Universidad Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 2015. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/88445/D-100137.pdf>.
17. **NOBOA, Ramiro; & LOOR, Miguel.** *Diseño de una red óptica pasiva de acceso para una urbanización ubicada en la vía Samborondón.* [En Línea] (Tesis de Ingeniería). Universidad Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 2011. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/15949/1/Dise%C3%B1o%20de%20>

[una%20Red%20C3%93ptica%20Pasiva%20de%20Acceso%20para%20una%20Urbanizaci%C3%B3n%20Ubicada%20en%20la%20V%C3%ADa%20Samborond%C3%B3n.pdf](#)

18. **CARMONA GIRALDO, Paula Andrea; & MONTES TORRES, Paola Andrea.** *Diseño y simulación de una RED ÓPTICA PASIVA (PON) para prestar servicios Triple Play a un conjunto residencial.* [En Línea] (Tesis de Ingeniería) Quito, 2013. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/10785/1530/1/CDMIST8.pdf>
19. **TACO, Pabón; PATRICIA, Diana.** *Diseño de una red de acceso GPON para proveer servicio triple play (internet, telefonía y vídeo) en el sector de la Carolina a través de la red del grupo TV cable.* [En Línea] (Tesis de Ingeniería). Universidad Politécnica Nacional Quito, Ecuador. Enero de 2009. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1099/1/CD-1943.pdf>
20. **VALDIVIEZO ASTUDILLO, J. F.** *Estudio para el Mejoramiento de la Red HFC de la Empresa SATELCOM Tv Cable en la Ciudad de Cuenca* Bachelor's thesis), [En Línea] (Tesis de Ingeniería). Quito: Universidad Israel, 2010. Disponible en: <http://190.11.245.244/bitstream/47000/188/1/UISRAEL-EC-SIS-378.242-419.pdf>
21. **LOPEZ, M.** *Tema de consulta Sistemas de Transmisión.* [En línea] Perú: 2016, pp. 1-4 [Consulta: 2017-08-18]. Disponible en: <https://sx-detx.wikispaces.com/page/pdf/FTTx?responseToken=9cb4d3564f0ce4e52486d297ad1cc44d>
22. **PRADES, Reynaldo Castillo.** *Red de acceso con sistemas ópticos de espacio libre en Journal of Lightwave Technology* [En Línea] (Tesis de Maestría.). Quito, 2004. Disponible en: <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6811/Reynaldo%20Castillo%20Prades.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

ANEXO A: DIVISIÓN POR SECTORES



ANEXO B: FIBRA MONOMODO G.652.D

Fibra monomodo G.652.D

Características generales

Este especificación corresponde a fibras optimizadas para la transmisión en las longitudes de onda de 1310 nm o 1550 nm, incluida la región de 1380 nm y de diseño a la sublongitud 0.662 D de la ITU-T. El núcleo está compuesto por diseño de núcleo dopado, rodeado por un revestimiento de diseño de fibra, el revestimiento está formado por dos capas de núcleo cuando mediante ON.

Características ópticas y geométricas

Parámetros ópticos	Fibra en longitud	Fibra cortada	Parámetros geométricos
Atenuación a 1310 nm	≤ 0,48 dB/Km	≤ 0,37 dB/Km	Diámetro de campo modal 1310 nm
Atenuación a 1380 nm	≤ 0,35 dB/Km	≤ 0,37 dB/Km	Diámetro de campo modal 1380 nm
Atenuación a 1550 nm	≤ 0,21 dB/Km	≤ 0,24 dB/Km	Error concentricidad núcleo/corazón
Atenuación a 1625 nm	≤ 0,23 dB/Km		Diámetro corazón
Atenuación en 1280-1320 nm	≤ 0,40 dB/Km		Error concentricidad corazón/corazón
Punto de dispersión modal máximo en 1310 y 1550 nm	≤ 0,09 dB		Mezcla polarización
Longitud de onda de corte	1380 - 1320 nm	≤ 1380 nm	Diámetro corazón industrial
Punto de dispersión cero	1390-1324 nm		
Resistencia de dispersión cero	≥ 0,090 ps/nm ² /km		
Dispersión cromática en 1300-1330 nm	≥ 3,5 ps/nm ² /km		
Dispersión cromática en 1600 nm	≤ 19,0 ps/nm ² /km		
Dispersión cromática en 1625 nm	≤ 20,0 ps/nm ² /km		
PMD fibra individual	≤ 0,15 ps/√km		
PMDy (σ_{0,01N}, Hz²)	≤ 0,88 ps²/km		

Características mecánicas y ambientales

Características ambientales	
Profilado final	1,2 % (1,01 tipo, 0,86 tipo)
Punto de curvatura mínima	30 mm
Atenuación inducida por microcurvaturas	
1 vuelta sobre 50 mm a 1550 nm	≤ 0,50 dB
100 vueltas sobre 50 mm a 1310 nm	≤ 0,05 dB
100 vueltas sobre 50 mm a 1550 nm	≤ 0,10 dB
100 vueltas sobre 50 mm a 1625 nm	≤ 0,20 dB
Fuerza de tracción (1) (valor de pico)	2,2 N o 2,0 o 1,8 N
Fuerza de tracción (2) (valor medio)	2 N o 2,0 o 2,0
Fatiga dinámica (1)	20 (valor típico)
Fatiga dinámica (2)	20 (valor típico)

Características ambientales	
Atenuación inducida a 1310, 1550 y 1625 nm	
-40°C ~ +40°C, ciclo de temperatura	≤ 0,01 dB/Km
-10°C ~ +40°C, humedad 90% RH, Ciclo temperatura y humedad	≤ 0,01 dB/Km
+40°C +/- 2°C, calor seco	≤ 0,01 dB/Km
+23°C +/- 2°C, inmersión en agua	≤ 0,01 dB/Km

Valores típicos

Valores de referencia de grupo estándar	
1310 / 1380 nm	1,466
1550 nm	1,467
1625 nm	1,470

Información de Contacto

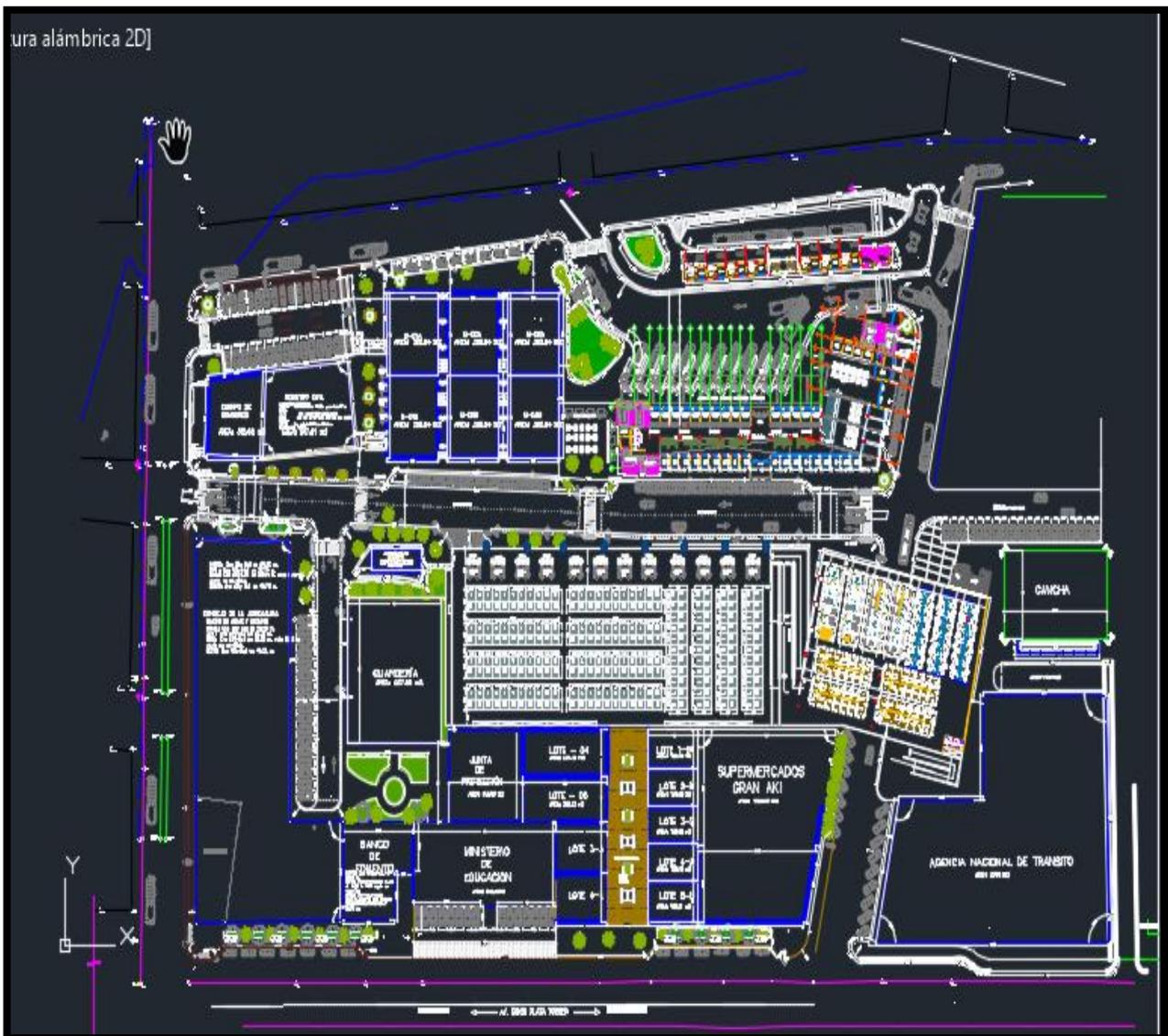
Oficina Central
 Polígono Industrial Corcoro
 s/ Camino Arca, 14
 28116 Las Alfranca, Fuenlabrada
 España
 Teléfono: (+34) 91 434 20 00
 Fax: (+34) 91 434 20 02
ventas@telnet.es

Oficina Comercial en Madrid
 Avda. Alarcón Polanco, 60 - 1º A
 28007 Madrid
 España
 Teléfono: (+34) 91 434 20 02
 Fax: (+34) 91 434 40 84

Fibra en Portugal
 R&T/0010
 Avenida de Liberdade, 110
 1200, 244 Lisboa
 Portugal

© TELNET Redes Industriais S.A. www.telnet-rd.es V191

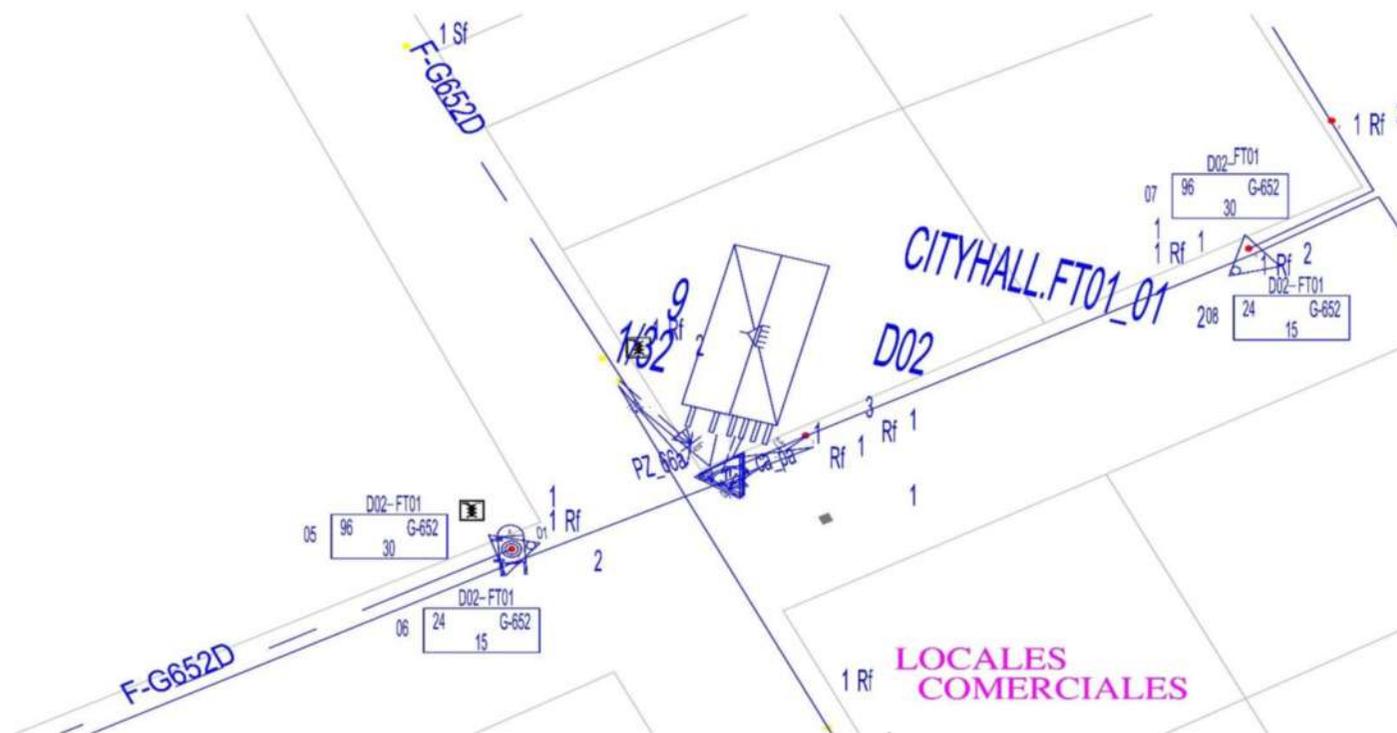
ANEXO C: PROYECTO CITY HALL

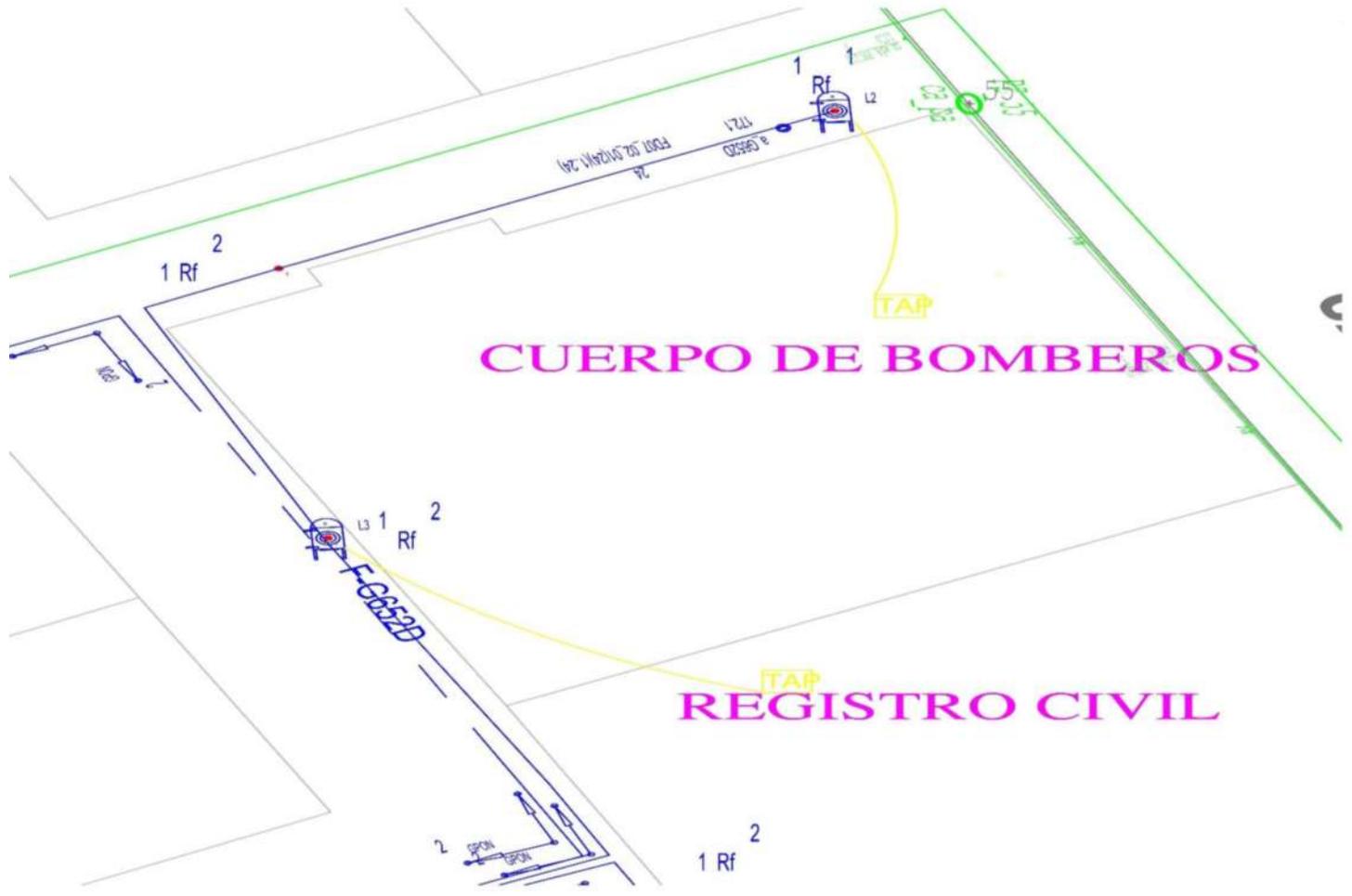


ANEXO D: SIMBOLOGÍA DE CNT

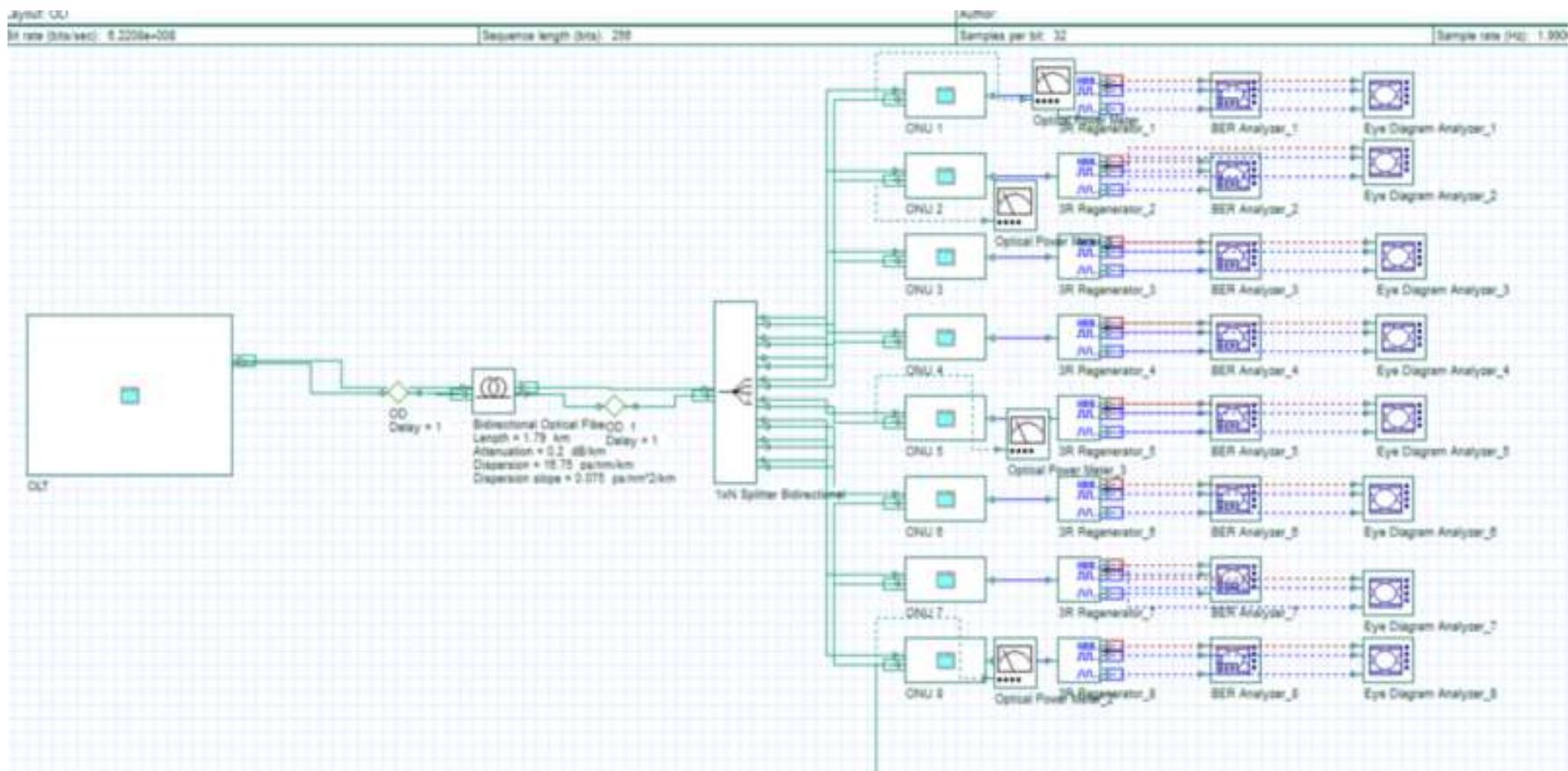
PROYECTADO	PROYECTADO	EXISTENTE
FAJAS DE FIBRA		
CAJAS DE DISTRIBUCIÓN		
ARMARIOS OPTICOS		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA AREA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA DE CABLE CONECTOR		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA DE FIBRA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA SUBMARIÑA		
EDIFICIO CON RED EPON		
ENFAJE DE FIBRA		
EMPALME DE FIBRA / SPLITTER		
SEÑAL DE FIBRA		
DEFIBRADO		
ROSETA OPTICA		
SPLITTER DE UNA ENTRADA		
SPLITTER DE DOS ENTRADAS		
HILOS DE RESERVA DE FIBRA		
JUNCIÓN SPLITTER DE FIBRA EPON		

ANEXO E: RED DE DISTRIBUCIÓN



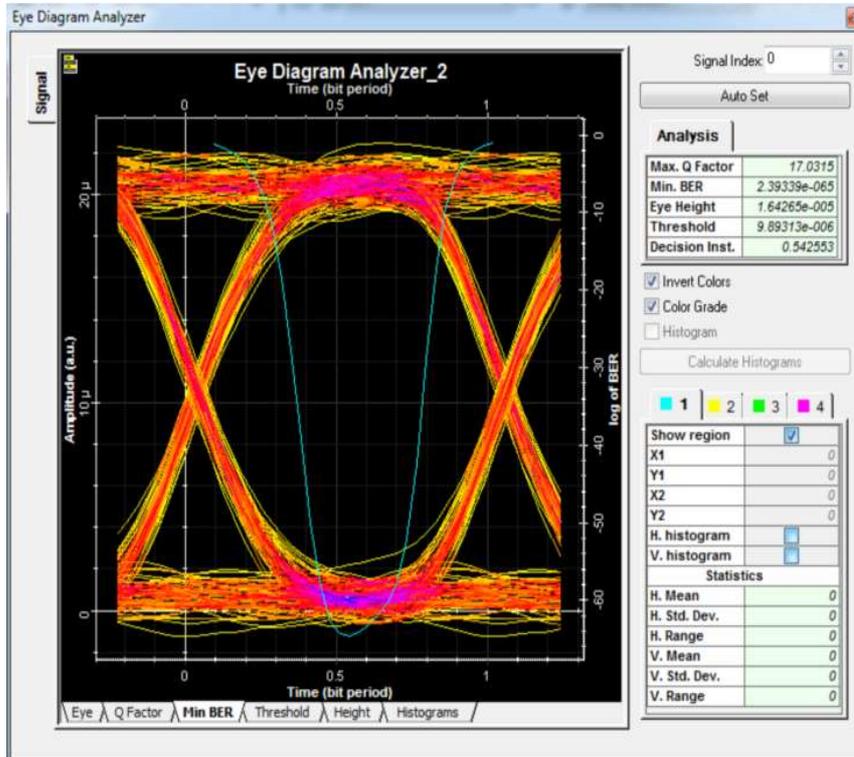
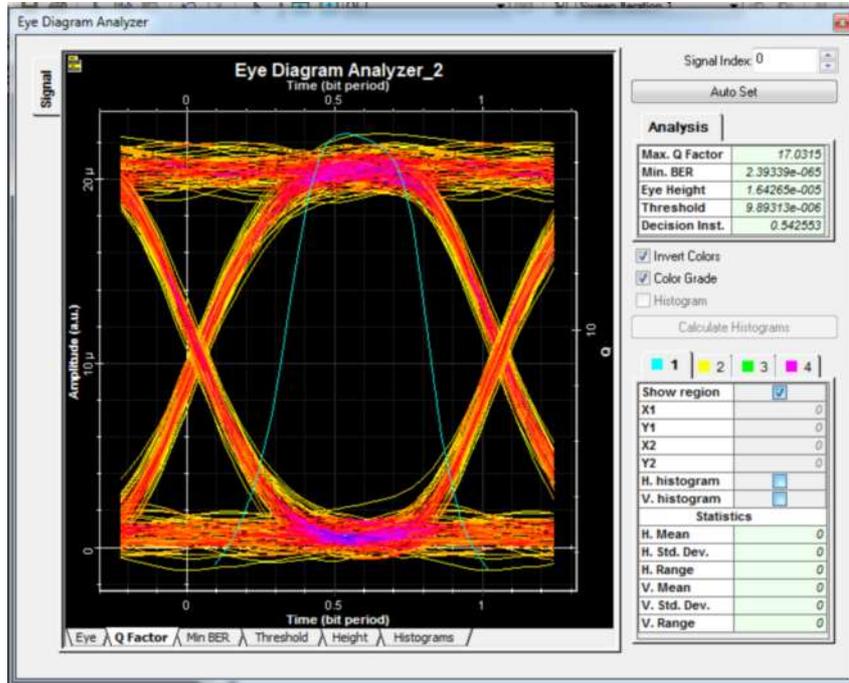


ANEXO F: DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

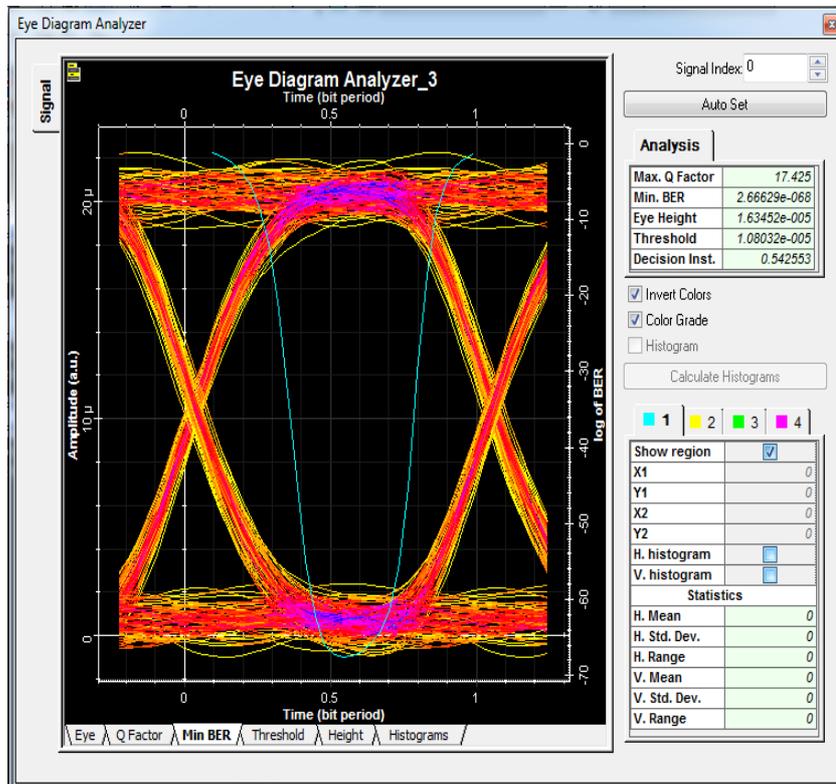
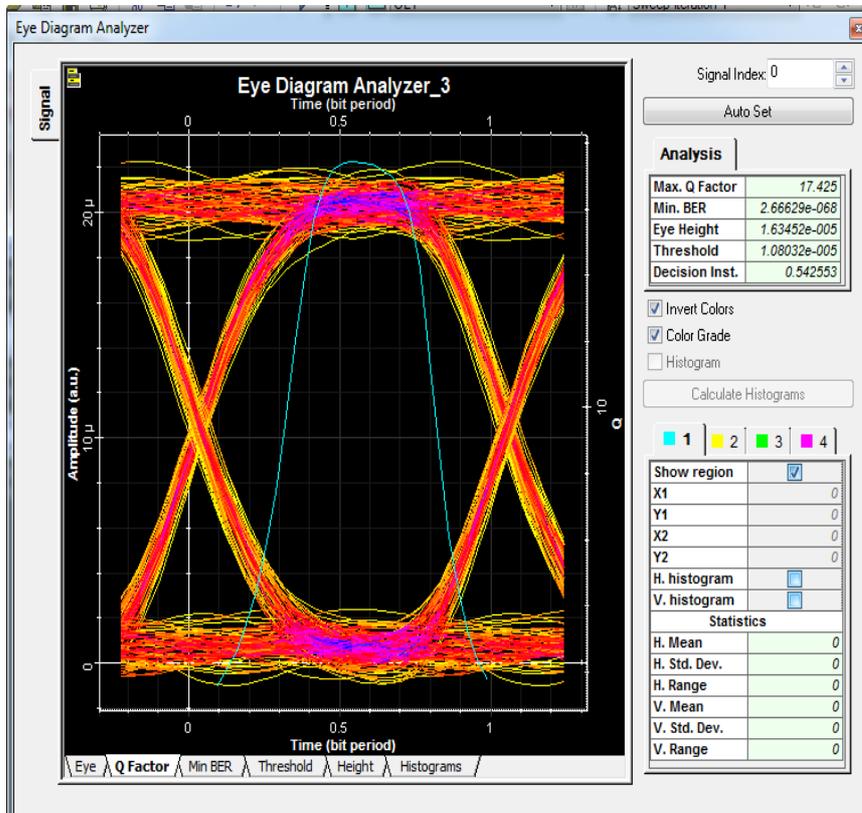


ANEXO G: RESULTADOS DE VARIAS ONU'S

❖ ONU 2



❖ ONU 3



❖ ONU 4

