

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

SIMULACIÓN DE UNA RED GPON EN EL CONJUNTO RESIDENCIAL “TOLEDO”

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Danilo Armando Armijos Rivadeneira

danilo.armijos@epn.edu.ec

Daniel Rene Vargas Navas

daniel.vargas@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. GABRIELA KATHERINE CEVALLOS SALAZAR, MSC.

gabriela.cevalloss@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. MÓNICA DE LOURDES VINUEZA RHOR, MSC.

monica.vinueza@epn.edu.ec

Quito, diciembre 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los Srs. Armijos Rivadeneira Danilo Armando y Vargas Navas Daniel Rene, como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, bajo nuestra supervisión:



**Ing. Gabriela Katherine
Cevallos Salazar Msc**

DIRECTORA DEL
PROYECTO

**Ing. Mónica de Lourdes Vinueza
Rhor Msc**

CODIRECTORA DEL
PROYECTO

DECLARACIÓN

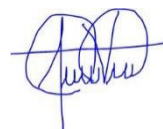
Nosotros Armijos Rivadeneira Danilo Armando con CI: 1724563224 y Vargas Navas Daniel Rene con CI: 1721826327, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Danilo Armando Armijos
Rivadeneira



Daniel Rene Vargas Navas

DEDICATORIA

Este proyecto dedico a mis padres, hermanos a Vane y toda mi familia que me han apoyado desde el inicio hasta la culminación de mi carrera profesional.

Danilo

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional y todos los profesores que me han guiado e inculcado la mejor educación para convertirnos en los mejores profesionales, a todos los amigos que estuvimos en todos los momentos y que siempre hemos salido adelante.

Danilo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primero a Dios, por estar conmigo y darme su bendición y entre tanta de ellas despertar cada día y poder ver a mi familia, a mi papá Rene, mamá Cecilia, hermana Cris y sobrino Joaquín, los cuales me apoyan el día a día con mis locuras para poder superarme y seguir cumpliendo mis sueños.

Daniel

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por sus bendiciones, a mi familia y amigos de la poli, que me lograron convencer para poder culminar esta etapa de mi vida, gracias por depositar su confianza y sin duda el apoyo de verdadera amistad demostrado día a día.

Daniel

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Objetivo general	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	Fundamentos.....	2
	Redes PON	2
	Redes GPON.....	2
	Redes FTTx.....	3
	Red ODN.....	4
	OLT	5
	Transmisor óptico	6
	Receptor óptico.....	6
	ODF.....	6
	Manga de empalme	6
	Cable de fibra óptica armado anti roedores canalizado.....	7
	Armarios (FDH).....	7
	<i>Splitters</i>	8
	NAP	9
	Cable <i>DROP</i>	9
	Roseta óptica.....	9
	ONT.....	10
	Conectores	10
	Tipos de Pulido de conectores.....	11
	Adaptadores	12
	Empalmes.....	12
2	METODOLOGÍA.....	13
2.1	Descripción de la metodología usada	13

3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
3.1	Análisis de los requerimientos de la normativa y estándares de la CNT EP..	14
	Normativa ITU-T	14
	ANSI/TIA.....	16
	ANSI/TIA 568-3.D.....	17
	TIA 598-A	17
	Normas de construcción de planta externa con fibra óptica ODN	18
	Normas técnicas para dibujo georreferenciado.....	21
	Normativa técnica de diseño de planta externa con fibra óptica.....	21
	Normativa Técnica de Diseño y Construcción de Redes de Distribución Interna GPON FTTH en Edificios y Urbanizaciones.....	22
3.2	Diseño de la red GPON bajo normativa CNT EP	22
	Memoria técnica	23
	Diseño de la Red <i>Feeder</i>	23
	Diseño de la canalización de acometida	25
	Diseño red de distribución	27
	Diseño red de dispersión	27
	Presupuesto óptico	30
	Planos <i>As Built</i> georreferenciados	34
3.3	Presupuesto financiero para la instalación de la red GPON.....	34
3.4	Simulación del diseño de la red GPON del conjunto residencial	37
	Desarrollo de la simulación	38
	Configuración de parámetros de los componentes de la OLT	40
	Transmisor OLT.....	42
	Receptor OLT	43
	Configuración de parámetros de los componentes de la ODN.....	44
	Configuración de parámetros de los componentes de la ONT	47
	Análisis de los resultados de la simulación	50
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57

4.1	Conclusiones	57
4.2	Recomendaciones	58
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
	ANEXOS.....	62
	Anexo 1: Implantación general conjunto residencial toledo	i
	Anexo 2: Canalización de acometida	iii
	Anexo 3: Diseño red de distribución.....	v
	Anexo 4: Diseño red de dispersión	vii
	Anexo 5: Simbología planta externa GPON	ix
	Anexo 6: Diagrama de simulación de la red GPON	xii
	Anexo 7: Datasheets de los elementos de la red	xiv

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Red GPON	3
Figura 1.2 Arquitectura general de red FTTH	4
Figura 1.3 Estructura de la Red ODN	5
Figura 1.4 OLT MA5600	6
Figura 1.5 ODF	6
Figura 1.6 Manga de empalme de fibra óptica tipo domo	7
Figura 1.7 Cable canalizado anti roedores	7
Figura 1.8 Armario FDH	8
Figura 1.9 NAP	9
Figura 1.10 Cable <i>Drop</i>	9
Figura 1.11 Roseta Óptica	10
Figura 1.12 Unidad de Terminal Óptica.....	10
Figura 1.13 Conectores Ópticos	11
Figura 1.14 Tipos de pulido	11
Figura 1.15 Adaptadores Ópticos	12
Figura 1.16 Empalmes de fibra óptica	12
Figura 3.1 Diagrama de red GPON-FTTH de CNT EP	16
Figura 3.2 Esquema de despliegue de una red GPON-FTTH para una urbanización	18
Figura 3.3 Identificador de cable de fibra óptica canalizada	20
Figura 3.4 Identificadores para cables aéreo de fibra óptica	21
Figura 3.5 Implantación conjunto residencial Toledo.....	22
Figura 3.6 Muestra de la canalización del conjunto residencial Toledo	26
Figura 3.7 Muestra de red de distribución del conjunto residencial Toledo.....	28
Figura 3.8 Muestra de red de dispersión del conjunto residencial Toledo	29
Figura 3.9 Modelo de red GPON para urbanizaciones	31
Figura 3.10 <i>Optisystem</i> versión 18, <i>Optiwave</i>	37
Figura 3.11 Interfaz gráfica del <i>Optisystem</i>	37
Figura 3.12 Etapa de OLT en el <i>software Optisystem</i>	41
Figura 3.13 Configuración del valor del <i>bit rate</i>	42
Figura 3.14 Configuración del transmisor WDM para transmisión de voz y datos	42
Figura 3.15 Configuración de componente WDM para transmisión video	43
Figura 3.16 Configuración del Multiplexor 2x1 WDM.....	43
Figura 3.17 Configuración del Fotodetector APD	44

Figura 3.18 Configuración del Filtro <i>Bessel</i>	44
Figura 3.19 Configuración del <i>Buffer Selector</i>	44
Figura 3.20 Etapa de la ODN en el <i>software Optisystem</i>	45
Figura 3.21 Configuración del atenuador óptico	46
Figura 3.22 Configuración del componente fibra óptica bidireccional	46
Figura 3.23 Configuración del <i>splitter bidireccional</i>	47
Figura 3.24 Subsistema de la ONT	47
Figura 3.25 Etapa de la ONT en el <i>software Optisystem</i>	48
Figura 3.26 Configuración del WDM Demultiplexor.....	48
Figura 3.27 Configuración <i>photodetector</i> APD	49
Figura 3.28 Configuración filtro pasa bajos	49
Figura 3.29 Configuración WDM <i>Transmitter</i> en la etapa de ONT.....	49
Figura 3.30 Configuración <i>Dynamic y Select Nx1</i>	49
Figura 3.31 Simbología del <i>Optical Power Meter</i>	50
Figura 3.32 Medición realizada a la salida de los <i>WDM transmitter</i> 1 y 2 de la OLT ..	50
Figura 3.33 Medición realizada a la salida del Multiplexor 2x1	51
Figura 3.34 Medición realizada a la salida del atenuador óptico	51
Figura 3.35 Medición realizada a la salida de la fibra óptica.....	51
Figura 3.36 Potencia recibida en la ONT.....	52
Figura 3.37 Analizador de espectro con la señal de voz y datos <i>downstream</i>	52
Figura 3.38 Analizador de espectro con la señal de video en <i>downstream</i>	53
Figura 3.39 Analizador de espectro al final de la ONT para Voz/Datos	53
Figura 3.40 Analizador de espectro al final de la ONT para Video	54
Figura 3.41 Prueba de BER, señal recibida por la ONT	55
Figura 3.42 Prueba de BER, diagrama de ojo	55
Figura 3.43 Prueba de BER, diagrama de ojo recepción OLT	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Relación de pérdida de inserción del <i>splitter</i>	8
Tabla 3.1 Tabla requerimientos para los tipos de fibra óptica ANSI/TIA	17
Tabla 3.2 Tabla estándar de codificación por colores TIA 598-A	17
Tabla 3.3 Plantilla de presupuesto óptico para longitud de onda de <i>Upstream</i>	32
Tabla 3.4 Plantilla de presupuesto óptico para longitud de onda de <i>Downstream</i>	33
Tabla 3.5 Plantilla de presupuesto óptico para longitud de onda de video	33
Tabla 3.6 Materiales homologados	35
Tabla 3.7 Presupuesto financiero de los materiales de la red	35
Tabla 3.8 Presupuesto financiero de instalación y mano de obra	36
Tabla 3.9 Presupuesto financiero total	36
Tabla 3.10 Componentes de la OLT	38
Tabla 3.11 Componentes de la ODN	39
Tabla 3.12 Componentes de la ONT	40

RESUMEN

El presente proyecto se basa en la elaboración de una propuesta que contempla el diseño y simulación de una red de acceso *Fiber To The Home* (FTTH) – *Gigabit-capable Passive Optical Network* (GPON), para el conjunto residencial Toledo ubicado en la ciudad de Quito. Para lo cual se emplea las normativas internacionales de la ITU y normativas y estándares para diseño y construcción de redes de fibra óptica de la empresa pública de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP).

En la primera sección se definen las normativas, recomendaciones y estándares necesarios para elaborar una red GPON, se abordará normativas tanto para el diseño como para la construcción de redes de distribución interna GPON.

En la siguiente sección se presenta los diseños de la canalización que contempla las tuberías y pozos de mano de la planta interna, cálculo del cable *feeder* y las redes de distribución y dispersión basado en el cálculo de presupuesto óptico y los materiales físicos que conformarán la red.

La tercera sección cuenta con los resultados obtenidos de la sección anterior, se presentará el presupuesto económico de los materiales activos y pasivos requeridos para la implementación y puesta en marcha.

En la cuarta sección, se utiliza el *software* de simulación de redes ópticas *Optisystem*, donde se simula las etapas y los elementos que forman parte de la red GPON, y se verifica la funcionalidad de la red de acceso.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del desarrollo del presente proyecto de titulación.

PALABRAS CLAVE: GPON, ITU, FTTH, ODN, *Feeder*, *Optisystem*.

ABSTRACT

This project is based on the development of a proposal that includes the design and simulation of a Fiber to the Home (FTTH) – Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON) access network for the Toledo residential located in Quito city, using ITU international regulations and standards and regulations for the design and construction of fiber optic networks of the public company Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP).

The first section defines the regulations, recommendations and standards required to develop a GPON network, and will address regulations for both the design and construction of GPON internal distribution networks.

The next section presents the canalization designs that contemplates the piping and manholes of the internal plant, feeder cable calculation, the distribution and dispersion networks based on the optical budget calculation and the physical materials that will make up the network.

In the third section with the results obtained in the previous section, the economic budget will be presented with the active and passive materials necessary for the implementation and start-up.

In the fourth section, the Optisystem optical network simulation software is used to simulate the stages and elements that are part of the GPON network, and the functionality of the access network is verified.

Finally, the conclusions and recommendations obtained from the development of this degree project are presented.

KEYWORDS: GPON, ITU, FTTH, ODN, Feeder, Optisystem.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el medio de transmisión que se utiliza para ofrecer servicios de banda ancha es la fibra óptica ya que garantiza una transmisión de datos con mayor velocidad, seguridad y calidad; esto a diferencia del cable par trenzado que ha sido el medio de transmisión tradicional y se lo ha ido reemplazando paulatinamente.

Hace varios años las construcciones nuevas, tanto en edificios y urbanizaciones, deben contar con la infraestructura de datos para cada cliente, mediante la red FTTH [1] con tecnología GPON [2], para proporcionar los servicios de voz, Internet e *Internet Protocol Television* (IPTV) [3].

La CNT EP es una empresa pública que ofrece servicios de Telecomunicaciones a nivel nacional y para brindar sus servicios por medio de fibra óptica ha realizado su normativa de diseño y construcción la cual incluye materiales y equipos con marcas homologadas. Dicha normativa cumple especificaciones técnicas estandarizadas, cuyo propósito es el de dotar un manual de procedimientos y normas generales para facilitar a sus contratistas y constructoras la construcción de una red de fibra óptica GPON.

El presente proyecto consiste en el diseño y la simulación de una red óptica pasiva GPON para el conjunto residencial "Toledo". El conjunto está ubicado en la ciudad de Quito y actualmente cuenta con un área de 21,228.00 (m²), dispone de 142 viviendas y alrededor de 552 usuarios. El diseño de la red se lo realizará bajo la normativa de diseño y construcción de redes GPON -FTTH de la CNT EP, basado en los estándares ITU-T [4], para mantener parámetros óptimos necesarios para las instituciones proveedoras de comunicación y datos *Internet Service Provider* (ISP) [4]. Además, se realizará la simulación de la red para observar el comportamiento de los elementos que conforman la red.

1.1 Objetivo general

Simular una red GPON en el conjunto residencial “Toledo”

1.2 Objetivos específicos

- Analizar los requerimientos de la normativa y estándares de la CNT EP, para el diseño de redes GPON en urbanizaciones.
- Diseñar la propuesta de la red GPON bajo normativa CNT EP.
- Establecer un presupuesto financiero para la instalación de la red GPON.
- Realizar la simulación del diseño de la red GPON del conjunto residencial.

1.3 Fundamentos

Redes PON

Passive Optical Network (PON) se define como una red óptica pasiva punto- multipunto, y no se requiere de energía eléctrica para alimentar a ningún equipo intermedio de la red. Son las más empleadas en redes de larga distancia, su longitud máxima es de 10 a 60 (Km). PON utiliza una infraestructura física punto a multipunto, en la cual, un terminal de línea óptica (OLT) se encuentra conectada y compartida por la red con múltiples terminales de red ópticas (ONT'S), a través de un divisor óptico pasivo o *splitter* [5].

Redes GPON

GPON es la red pasiva en Gigabit, que trabaja a velocidades superiores de 1 (Gbps), tiene soporte global multiservicio; para voz mediante *Time Division Multiplexing* (TDM) y SONET (red óptica síncrona), Puede tener un alcance máximo de 20 (Km), con una velocidad de bajada 2.5 (Gbps) y de subida 1.5 (Gbps) [6]. Ver Figura 1.1.

Se utiliza la tecnología *Time Division Multiplexing* (TDM) en sentido descendente, para transmitir los datos hacia las ONTs y en sentido ascendente utiliza la tecnología *Time Division Multiplexing Access* (TDMA), donde la OLT controla el canal ascendente asignando ventanas hacia cada ONT, para evitar colisiones y mantener una mejor distribución del ancho de banda.

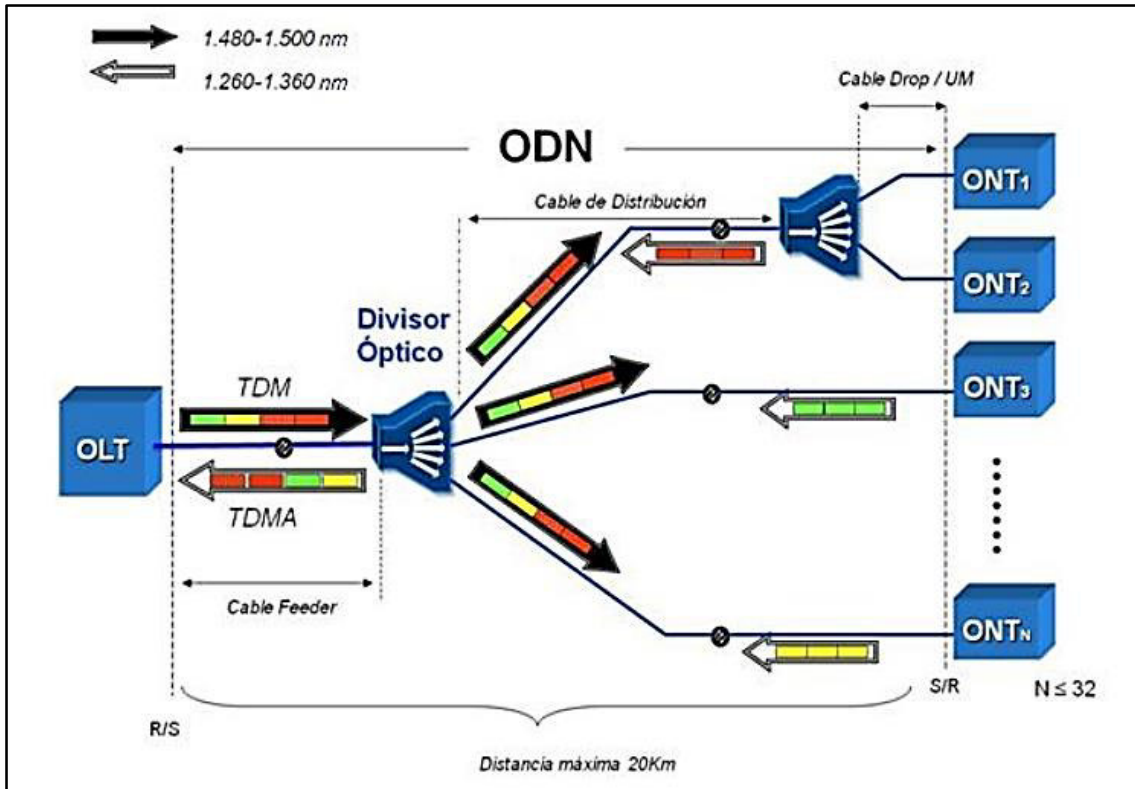


Figura 1.1 Red GPON [7]

Redes FTTx

El acrónimo FTTx nace con la finalidad de clasificar a las diferentes topologías de red de fibra óptica en base a la distancia o punto de acercamiento que tenga la fibra óptica con referencia al usuario final [5].

Las arquitecturas FTTx más importantes en la actualidad son:

- **FTTC:** La Red de fibra hasta la acera (FTTC), se compone de fibra óptica conectada a la ONU la cual se encarga de convertir la luz a electricidad y alimentar la parte restante de cobre que tiene un límite de hasta 500 (m) desde la ONU hasta la casa del usuario [5].
- **FTTB:** La Red de fibra hasta el edificio (FTTB), la fibra óptica en esta topología llega hasta el interior o inmediaciones del edificio, y desde ese punto se conectará a una ONU la cual alimentará a la red de cobre para los abonados del edificio [5].
- **FTTH:** La Figura 1.2 presenta la arquitectura general de una red FTTH. Desde el *central office*, los servicios de Internet se interconectan con la red de distribución óptica (ODN) mediante el OLT.

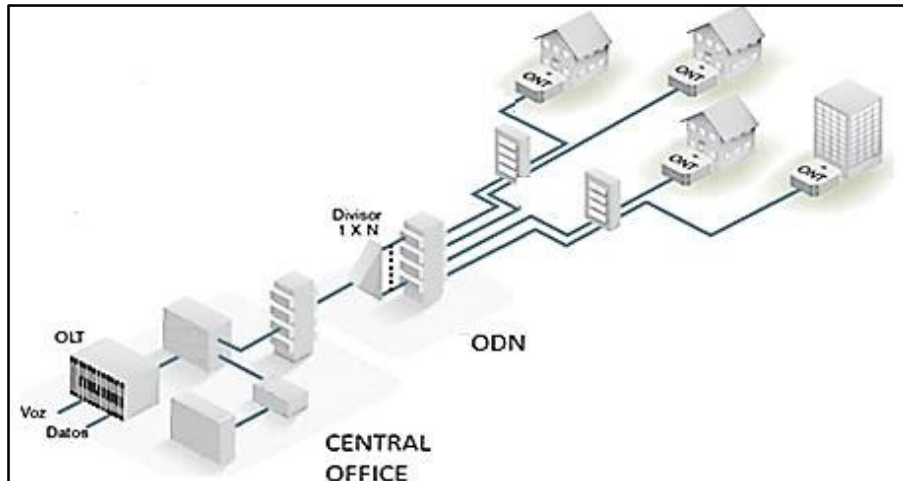


Figura 1.2 Arquitectura general de red FTTH [8]

Red ODN

La ODN comprende la conexión física entre la OLT y la ONT, por medio de sus elementos pasivos como; el cable de fibra óptica, conectores, *splitters* y elementos auxiliares que se complementan entre sí. En la Figura 1.3 se visualiza las etapas que conforman esta red:

- **Red feeder:** Interconecta el *Optical Distributor Fiber* (ODF) con los Armarios, FDB o mangas; está constituida por cables de fibra óptica que parten de la central y se dividen hacia elementos de distribución. Generalmente van por canalización en ductos, es la parte troncal de la red.
- **Red distribución:** Es la red que une el armario de distribución (FDH o FDB) y las cajas de distribución *Network Access Point* (NAP) y está constituida por *splitters*, cables de fibra óptica aéreos, murales, subterráneos, empalmes y cajas de distribución.
- **Red de dispersión:** Son los cables de fibra óptica que van desde la caja de distribución óptica (NAP, FDH o manga) hasta la roseta óptica. En una NAP, se considera una ocupación del 80% y un 20% para ampliación o reserva. La red de dispersión comprende los cables de fibra óptica RISER, G.652D o G.657.A2.

Para el diseño se debe considerar los siguientes puntos:

- a. La red de dispersión máximo debe tener 300 (m) de distancia.

- b. En vías principales o carretera no se debe cruzar con cables de acometida aéreos, y para este caso se deberá instalar una NAP al lado opuesto de la vía [7].

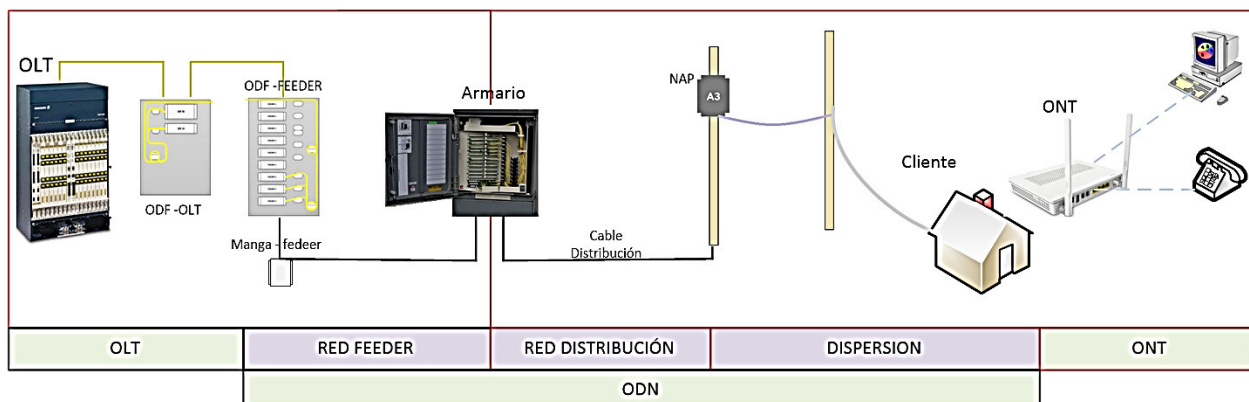


Figura 1.3 Estructura de la Red ODN [8]

OLT

La OLT es el equipo activo que a través de los puertos de *uplink* interconecta la red ODN a la red IP de servicios [9]. La estructura física de la OLT está compuesta por los siguientes elementos:

- Un chasis
- Tarjeta de ventiladores
- Tarjetas de poder
- Tarjetas de gestión y control
- Tarjetas *uplink*
- Tarjetas de servicios
- Tarjetas de 16 x E1s para tráfico de telefonía

Para el caso de estudio se ha investigado y además se ha realizado visitas técnicas académicas para conocer parte de la infraestructura de la CNT EP, y se conoció que dispone de OLTs marca Huawei modelo MA5600, según se visualiza en la Figura 1.4 distribuidas en los nodos a nivel nacional y por tal motivo se ha considerado para el análisis que los servicios se puedan brindar del nodo más cercano del sector Pomasqui.



Figura 1.4 OLT MA5600 [9]

Transmisor óptico

Dispositivo que se encarga de la conversión de la señal eléctrica o señal digital de entrada en haz de luz y la acopla a la fibra óptica que sirve como medio de transmisión [9].

Receptor óptico

Dispositivo fotodetector que transforma la señal óptica en señal eléctrica [9].

ODF

En la Figura 1.5 se muestra un ODF, por su diseño facilita el orden, interconexión y la distribución de la fibra óptica. Se puede combinar varios tipos de fibra óptica con facilidad y es de fácil mantenimiento, está compuesto por un chasis, bandejas de fusión, *pigtails* y conectores [9].



Figura 1.5 ODF [9]

Manga de empalme

En la Figura 1.6 se muestra una caja de empalme tipo domo, conocida como *splice closure*, caja plástica o metálica, en la que empalman dos o más cables del sangrado

de la fibra óptica *feeder* y brinda protección mecánica y hermeticidad. En su interior se ubican las bandejas de empalmes, los tubillos termo contraíbles para protección de empalmes y las fusiones [9].

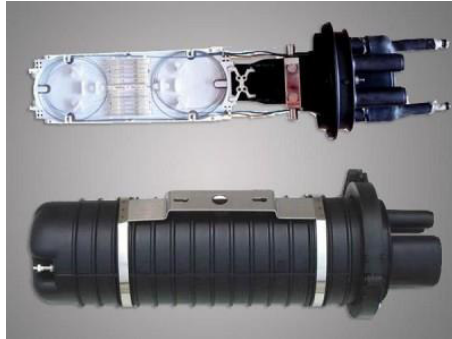


Figura 1.6 Manga de empalme de fibra óptica tipo domo [10]

Cable de fibra óptica armado anti roedores canalizado

Son cables ópticos utilizados para tendido subterráneo, está formado con materiales que pueden soportar condiciones como: aplastamientos, ataque de roedores, humedad, etc. La estructura interior está conformada, según se observa en la Figura 1.7 por hilos de fibra separados por un tubo holgado el cual cuenta con un compuesto de gel cuya función es el bloqueo de agua, unidos alrededor del elemento central dieléctrico considerado como núcleo. A su vez el cable es reforzado con un recubrimiento con hilos de aramida, cinta de acero lisa o corrugada y una recubierta final como capa externa de polietileno negro.

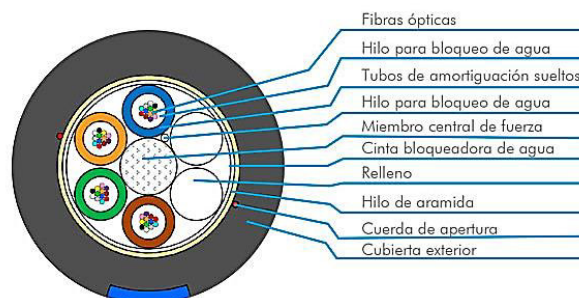


Figura 1.7 Cable canalizado anti roedores [9]

Armarios (FDH)

En la Figura 1.8 se muestra un armario *Fiber Distribution Hub* (FDH), suelen ser ubicados en un determinado punto de un distrito y es el punto de conexión entre la red *feeder* y la red de distribución por medio de *splitters* de 1xn. Dispone de forma separada las áreas para la red *feeder* y la red de distribución [9].



Figura 1.8 Armario FDH [9]

Splitters

Los *splitters* son elementos intermedios de las redes ópticas pasivas, no requieren ninguna fuente de energía externa para funcionar. Cuentan con una sola entrada y varias salidas, por lo general los *splitters* tienen salidas de 2, 4, 8, 16, 32 o 64 fibras y su uso dependerá de la planificación y diseño de la red.

En una red FTTx puede haber un divisor o varios divisores en cascada, en función de la topología. La recomendación G.984 de la ITU-T permite relaciones de división de hasta 32 para redes GPON, mientras que la recomendación G.984.6 amplía la relación de hasta 64 [8].

Los *splitters* son independientes de la longitud de onda, pero posee una atenuación dependiendo del número de salidas que tenga, estas pérdidas se la denomina radio de acoplamiento y se expresa en decibelios. En la Tabla 1.1 se muestra la relación del *splitter* con la pérdida en decibelios (dB).

Tabla 1.1 Relación de pérdida de inserción del *splitter* [5]

Relación del <i>splitter</i>	Pérdida de Inserción (dB)
1x2	3.50
1x4	7.00
1x8	10.50
1x16	14.00
1x32	17.50

NAP

Es el punto de convergencia entre la red de distribución y las conexiones hacia cada abonado [9]. Como se muestra en la Figura 1.9.



Figura 1.9 NAP [9]

Cable *DROP*

Cable óptico auto-sustentado puede contener de 2 a 12 fibras ópticas en su estructura interna. Como se puede ver en la Figura 1.10 el núcleo está reforzado por fibras dieléctricas y con un revestimiento externo de material polimérico, conjuntamente por un alambre galvanizado que ofrece resistencia a las fuerzas de tracción que deberá soportar el cable *Drop* óptico. Este tipo de fibra está proyectada para ser utilizada de forma sencilla y robusta en redes de acceso FTTH [11].

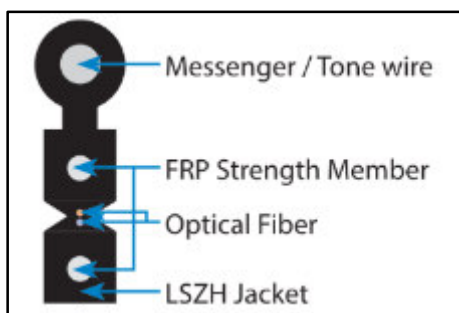


Figura 1.10 Cable *Drop* [11]

Roseta óptica

En la Figura 1.11 se presenta una roseta óptica que es el punto terminal de la red óptica, se ubica en el interior del domicilio de cliente y en la misma se organiza y conectoriza, mediante fusión o empalme mecánico, la acometida exterior y el *pigtail* con un conector SC/APC [9].



Figura 1.11 Roseta Óptica

ONT

En la Figura 1.12 se muestra la ONT, es un dispositivo de abonado interconectado a la ODN, posee; un puerto óptico SC/APC para transmisión y recepción, puerto para telefonía fija (RJ11), puertos 10/100/1000M BASE-T *Ethernet* (RJ45) y la interfaz inalámbrica para Wi-Fi [9].



Figura 1.12 Unidad de Terminal Óptica

Conectores

Son elementos que van al final de un hilo de fibra óptica y permiten realizar la conexión, los más comunes son: FC, LC, ST, SC y Euro 2000. En la Figura 1.13 se muestra los tipos de conectores ópticos que existen en el mercado [12].



Figura 1.13 Conectores Ópticos [12]

Tipos de Pulido de conectores

- **Pulido UPC:** Se utiliza con las fibras monomodo (SM) y multimodo (MM). Al disponer de superficies planas al acoplarse, hace que sus propiedades sean poco críticas en pérdida de retorno. Sus valores típicos de pérdidas varían de 30 (dB) a 50 (dB) [9].
- **Pulido APC:** El pulido angular (APC), tiene una inclinación de 8° en su superficie, lo que favorece el acoplamiento entre dos fibras, debido a que reduce las reflexiones en más de 60 (dB), la pérdida típica es ≤ 0.5 (dB).

Para una red FTTH el conector comúnmente utilizado es el pulido APC y se lo puede identificar por ser de color verde, ver Figura 1.14.

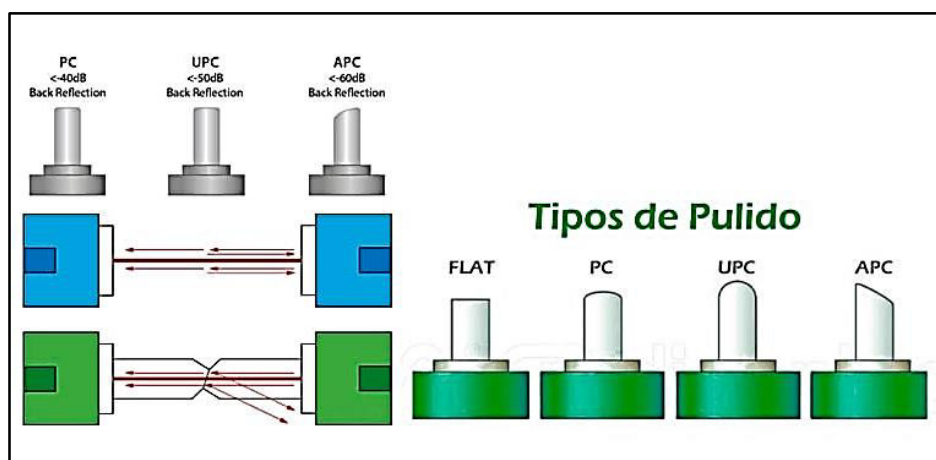


Figura 1.14 Tipos de pulido [9]

Adaptadores

Son aquellos elementos que sirven para la conexión entre un hilo de fibra (conectorizado o fusionado) y un *patch cord* para la interconexión en equipos [9]. Ver Figura 1.15.



Figura 1.15 Adaptadores Ópticos [9]

Empalmes

Los empalmes pueden ser mecánicos o de fusión como se ve en la Figura 1.16 y están protegidos frente al entorno por cajas de empalmes. Los empalmes mecánicos son económicos, pero tienen pérdida de inserción y retro reflexión más altas que los empalmes fusionados, estos últimos tienen una pérdida muy baja alrededor de 0.02 (dB) y prácticamente ninguna retro reflexión [8].

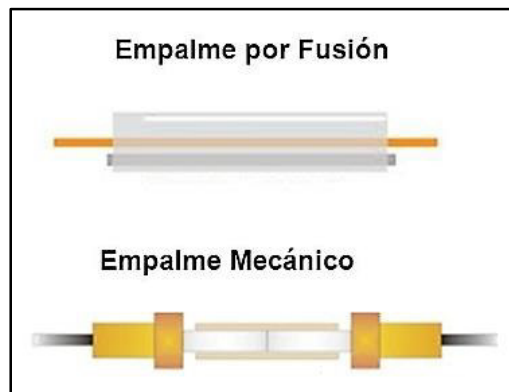


Figura 1.16 Empalmes de fibra óptica [9]

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

En el presente proyecto, previo a diseñar la red GPON -FTTH , será necesario proyectar la canalización de telecomunicaciones de ingreso a la urbanización, la cual permitirá la conexión con la red *feeder* y con la infraestructura interna, ya que por esta vía se va a interconectar la fibra de alta velocidad para brindar los servicios de voz, Internet e IPTV hacia cada hogar [13].

Para realizar el diseño se aplicará las normativas, recomendaciones y estándares internacionales que se utiliza en una red GPON -FTTH, estándares internacionales ITU-T / ANSI-TIA, normas técnicas de diseño y construcción de la red de fibra óptica de la CNT EP.

Considerando los estándares y normas de diseño de la red GPON -FTTH, el proyecto contemplará las siguientes etapas; elaboración de planos *as built* georreferenciados de acuerdo con la norma de dibujo de planta externa de la CNT, el mismo dispondrá del diseño de la red *feeder*, red de distribución y la red de dispersión además del cálculo del presupuesto óptico y memoria técnica.

Con la propuesta del diseño se conocerán los materiales y considerando que la CNT EP dispone de equipos con marcas homologadas, se presentará el presupuesto de la inversión económica, detallando los costos de los componentes pasivos que constará la implementación de esta red para su funcionalidad.

Basado en el estándar ITU-T G.984 que define a las redes GPON, se obtendrán los valores de referencia de los equipos terminales, para simular las etapas y los elementos que forman parte de la red GPON, para lo cual se utilizará el *software* de simulación *Optisystem* con el objetivo de verificar el funcionamiento del diseño de la red.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente proyecto de titulación, se realiza el análisis y estudio de las normativas de la CNT para el diseño de las redes de fibra óptica, las cuales permiten presentar la propuesta de la red GPON -FTTH para el conjunto residencial Toledo. Con el fin de validar que el presupuesto óptico obtenido esté acorde a los valores permitidos, se simula la red mediante el *software Optisystem*.

3.1 Análisis de los requerimientos de la normativa y estándares de la CNT EP

La tecnología de GPON -FTTH, se basa en el uso de cables de fibra óptica y elementos de distribución adaptados a esta tecnología para proporcionar servicios de gran ancho de banda; suficiente para proporcionar servicios de voz, video y datos. Cumpliendo normas internacionales como las que se detallan a continuación.

Normativa ITU-T

Es el encargado de regular las telecomunicaciones mediante la Organización de las Naciones Unidas (ONU), entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

La ITU garantiza la interconexión continua de las redes y las tecnologías, se esfuerzan por mejorar el acceso a las TIC además de manejar el espectro radioeléctrico y las órbitas satelitales [13].

- **Recomendación ITU-T G.650:** Recomendación para uso de fibra óptica monomodo en cuanto a las características ópticas y mecánicas. Además, menciona la atenuación de un empalme y existen 3 sub- recomendaciones.
 - a. ITU-T G.650.1: Pruebas métodos y definiciones para atributos determinísticos lineales.
 - b. ITU-T G.650.2: Pruebas métodos y definiciones para atributos determinísticos no lineales.
 - c. ITU-T G.650.3: Métodos en discusión de prueba para enlaces instalados monomodo.

- **Recomendación ITU-T G.652:** Describe a la fibra óptica monomodo, las características mecánicas, ópticas y los atributos en la transmisión con

dispersión en la ventana de 1310 (nm) y en la ventana de 1550 (nm). Existen 4 estándares derivados de la ITU-T G.652 [14]

- a. ITU-T G.652A: Esta norma indica el nivel de multiplexación que puede soportar la transmisión de un STM-16¹ hasta 10 (Gbps) en distancias de hasta 40 (Km).
 - b. ITU-T G.652B: Esta norma indica las propiedades que debe tener la STM-64² en cuanto a velocidades.
 - c. ITU-T G.652C: Especifica las mismas propiedades de la ITU-T G.652A, pero para longitudes de onda desde 1360 (nm) hasta 1530 (nm).
 - d. ITU-T G.652D: Especifica las mismas propiedades de la ITU-T G.652B, pero para longitudes de onda desde 1360 (nm) hasta 1530 (nm).
- **Recomendación ITU-T G.655:** Recomendación para fibras monomodo cuya dispersión desplazada es no nula, indica los coeficientes de dispersión cromática que utilizan por división en longitud de onda superiores y menores a la tecnología *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM). Esta fibra óptica es utilizada en sistemas que soportan velocidades de 2.5 (Gbps), 10 (Gbps), 40 (Gbps) o 160 (Gbps), para trabajar en sistemas WDM Y DWDM.
 - **Recomendación ITU-T G.657:** Recomendación para fibra óptica monomodo insensible a la pérdida por cobertura de red de acceso. En Ecuador estas características de la capa física están definidas por el estándar ITU-G.984.2. Esta red de acceso de fibra óptica es flexible, cumple con los anchos de bandas requeridos por los servicios comerciales y residenciales, y cubre sistemas con velocidades nominales de 1,244.160 (Mbps) y 2,488.320 (Mbps) en sentido descendente y 155.520 (Mbps), 622.080 (Mbps), 1,244.160 (Mbps) y 2,488.320 (Mbps) en sentido ascendente [15].

Al momento de diseñar alguna solución para los clientes finales, los ISP proporcionan diferentes despliegues de red GPON-FTTH. En este ámbito la CNT EP prepara proyectos calificados que cuenten con canalización para ingreso a la urbanización o

¹ STM-16: módulo de transmisión síncrono, estándar de transmisión de la red de fibra óptica SDH ITU-T con velocidad de transmisión de 2.5G(Gbps).

² STM-64: módulo de transmisión síncrono, es el estándar de transmisión de la red de fibra óptica SDH ITU-T con velocidad de transmisión de 10 (Gbps).

edificio, así como la infraestructura interna para interconectar servicios de Internet de alta velocidad. Ver Figura 3.1.

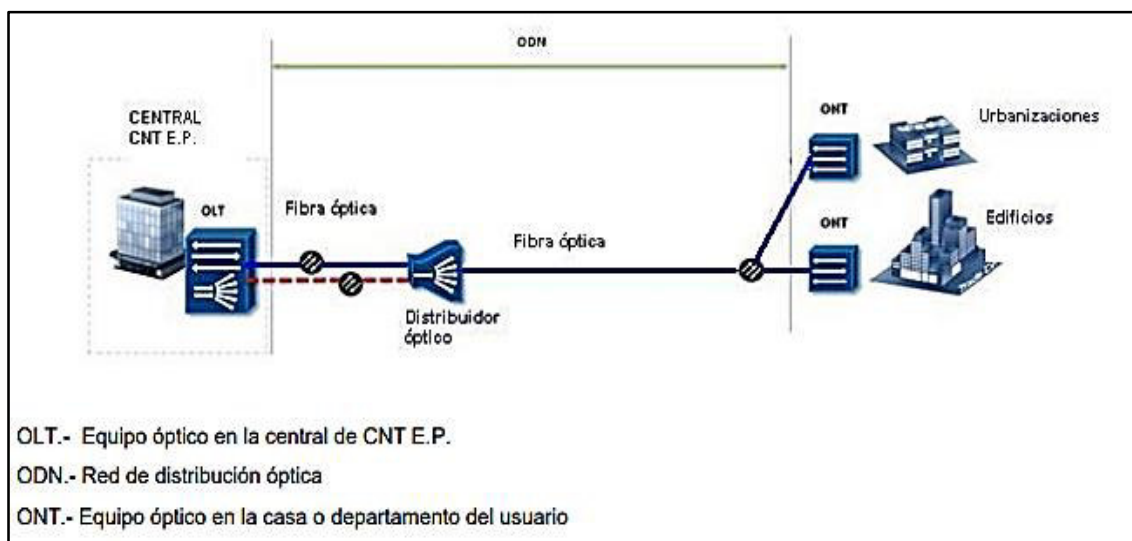


Figura 3.1 Diagrama de red GPON-FTTH de CNT EP [13]

- **Recomendación ITU-T G.984:** Esta recomendación define lineamientos para la capa física, donde se tiene:
 - a. ITU-T G.984.1: Define la velocidad de subida y bajada, 1.2 (Gbps) *upstream*, 2.4 (Gbps) *downstream* y 2.4 (Gbps) *upstream*, 2.4G (Gbps) *downstream*. Con una distancia máxima entre OLT y ONT de 20 (Km) con nivel de *splitter* de 1x32, 1x64 y 1x128.
 - b. ITU-T G.984.2: Recomienda las ventanas de transmisión para las redes GPON en cuanto niveles de atenuación: la ventana de 1490 (nm) con atenuación de 13 (dB), en la ventana de 1310 (nm) con atenuación mínima de 13 (dB) y con máxima atenuación en la ventana de 1490 (nm) con 28 (dB) y en la ventana de 1310 (nm) con 28 (dB).

ANSI/TIA

Constituye las normas del cableado estructurado que garantizan el óptimo funcionamiento de la infraestructura de telecomunicaciones. ANSI que forma parte de la ISO y del IEC es la organización que revisa y supervisa estándares para los productos, servicios y proceso de telecomunicaciones.

TIA establece normas de cableado industrial para productos de telecomunicaciones con más de 70 normas en su organización [16].

ANSI/TIA 568-3.D

En la Tabla 3.1 se muestran los requerimientos que debe tener la fibra óptica con diferentes longitudes de onda y la atenuación máxima que puede soportar cumpliendo con los estándares para un enlace de telecomunicaciones óptimo.

Tabla 3.1 Tabla requerimientos para los tipos de fibra óptica ANSI/TIA [9]

TIPO DE CABLE	LONGITUD DE ONDA (nm)	ATENUACIÓN MÁXIMA (dB/Km)	CAPACIDAD MÍNIMA DE TRANSMISIÓN (MHz*Km)
50/125 micras Multimodo	850	3.5	500
	1300	1.5	500
62.5/125 micras Multimodo	850	3.5	160
	1300	1.5	500
Cable Monomodo interior	1310	1.0	N/A
	1550	1.0	N/A
Cable Monomodo exterior	1310	0.5	N/A
	1550	0.5	N/A

TIA 598-A

Este estándar define un sistema de identificación para el cable de fibra óptica con un código de colores, que ayuda a la identificación de cada hilo de fibra para no tener problemas en los elementos de la red ODN. En la Tabla 3.2 se muestra el estándar de la norma en un esquema ordenado con código de colores para un enlace de telecomunicaciones óptimo.

Tabla 3.2 Tabla estándar de codificación por colores TIA 598-A [16]

Posición	Colores
1	Azul
2	Naranja
3	Verde
4	Café
5	Plomo
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro

Posición	Colores
9	Amarillo
10	Morado
11	Rosa
12	Celeste

Normas de construcción de planta externa con fibra óptica ODN

Una vez descritas las normas ITU y ANSI/TIA, se presentan algunas normativas de la CNT, la cual ha elaborado sus normas de construcción para el despliegue de las redes GPON. En la Figura 3.2 se muestra un ejemplo de un esquema GPON general para una urbanización, para lo cual el diseño empieza desde la manga de empalme, caja de distribución principal (FDH) hasta cada vivienda. En el caso del conjunto residencial Toledo se considera la normativa para urbanizaciones y zonas planificadas de ciudades con urbanismo residencial, representado por viviendas diseñadas y construidas generalmente con estructuras y que cuentan con servicios básicos [13].

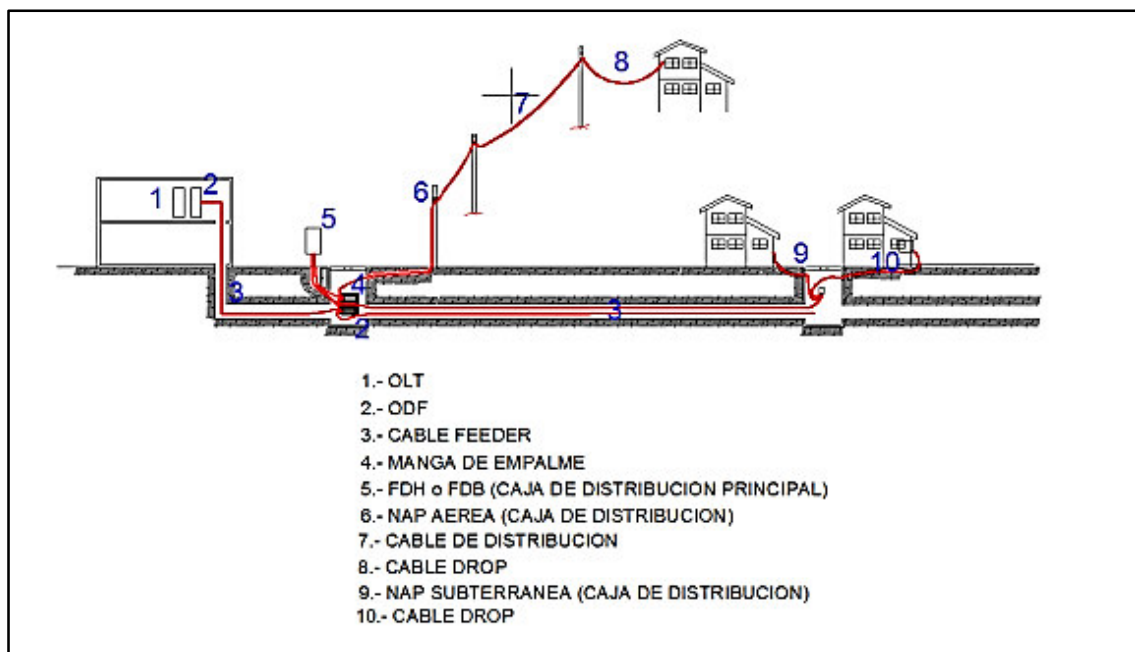


Figura 3.2 Esquema de despliegue de una red GPON-FTTH para una urbanización [13]

En la construcción de la planta externa se tiene presente normas y normalizaciones técnicas registradas en el catálogo de materiales homologados, donde se cumplen

directrices para el tendido de cables dentro de la canalización o subida a postes, se tiene que cumplir con las siguientes generalidades [18].

- Precaución en el transporte y almacenamiento de los cables.
- Ubicación de carretes para el tendido de cables.
- Tendido de cables.
- Armarios de distribución óptica.
- Instalación de caja de dispersión (NAP).
- Empalmes de cables.
- Pruebas ópticas.

En lo que corresponde a tendido de cable de fibra óptica, la CNT utiliza los ductos o cámaras ya existentes de la infraestructura de cobre, para el paso de la fibra óptica. El ingreso de la fibra óptica a las cámaras se rige con las normas de seguridad industrial y salud ocupacional [18]. Además, para el tendido se debe considerar:

- Verificación de parámetros de canalización: ubicación, tramos y longitud de las cámaras.
- Tendido de fibra antes y después: ubicación, ingreso de la fibra óptica y deterioro de chaqueta de la fibra óptica.
- Procedimiento del tendido de cable: arrastre de cable a lo largo del ducto e instalación por etapas según los tramos.
- Identificador de cable de fibra óptica canalizado: el identificador es acrílico y sus medidas son de largo 120 (mm), de ancho 50 (mm) y de espesor 3 (mm). Se debe considerar un identificador al ingreso del pozo, además de otro identificador cada 3 (m) en acceso al ducto o pozo hasta el *rack* del ODF; en caso de tener reservas de cable en pozo considerar uno al ingreso y uno a la salida del pozo. El color del identificador deberá ser blanco con letras azules y contiene la siguiente información en bajo relieve [18], ver Figura 3.3.

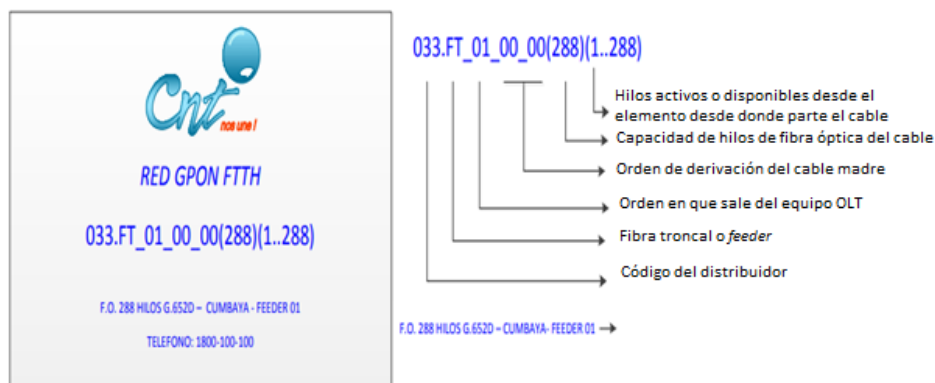


Figura 3.3 Identificador de cable de fibra óptica canalizada [18]

- Tapones de anclaje y sellado: protegen la red canalizada de fuerzas naturales.
- Tendido aéreo: desde la punta superior del poste, las líneas deben estar colocadas en la siguiente disposición: líneas de alta tensión, líneas de media, líneas de baja y red de telecomunicaciones; dejando entre la red eléctrica y la de telecomunicaciones una separación mínima de 0.6 (m) [18].
- Instalación de postes: postes pertenecientes a la CNT EP o con convenio con la Empresa Eléctrica.
- Herrajes para cable de fibra óptica aéreo, existen dos tipos: Herraje de terminal o retención (Tipo A) y Herraje de paso o suspensión (Tipo B) que sujetan el cable al poste.
- Preformados de retención: accesorio con curvaturas suaves que sujeta el cable de fibra óptica de manera envolvente sobre su chaqueta, haciendo que se mantenga firme el cable.
- Herrajes tipo farol: retira el cable de posibles dificultades o complicaciones en la ruta de instalación del cable de fibra óptica [18].
- Subida a postes: brinda protección ante posibles cortes producido en la subida de la fibra óptica por el poste.
- Subida mural: sujeción de cables a las paredes mediante abrazaderas.
- Identificado de cables aéreos: el identificador es acrílico y sus medidas son de largo 120 (mm), de ancho 50 (mm) y de espesor 3 (mm). Se considera un identificador por poste. El color del identificador deberá ser blanco con letras azules y contiene la siguiente información en bajo relieve. Ver Figura 3.4.

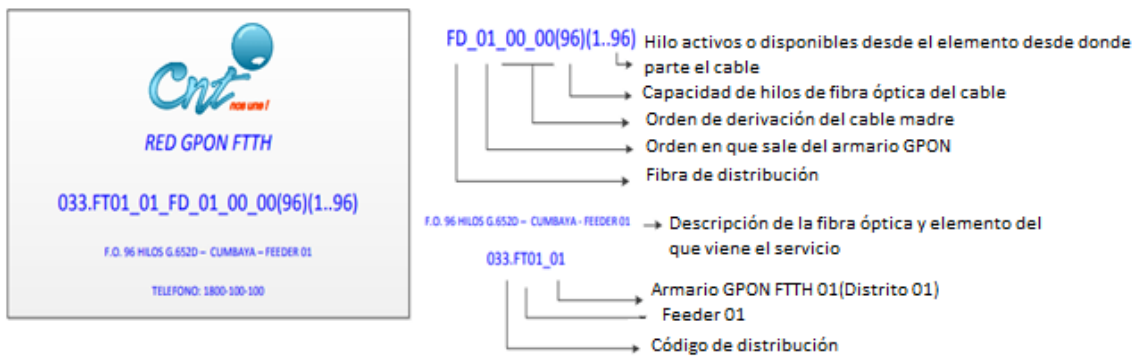


Figura 3.4 Identificadores para cables aéreo de fibra óptica [18]

Normas técnicas para dibujo georreferenciado

Esta norma se aplica al diseño, construcción y fiscalización de la infraestructura de la CNT EP [19]. La misma comprende los puntos generales para que sea un medio de consulta del proyectista en lo que se refiere al dibujo de planta externa, para lo cual debe tener conocimientos generales de dibujo técnico y manejo de AutoCAD.

Para esta técnica se debe cumplir:

- Levantamiento de la información: debe completar planimetrías, accidentes geográficos, planos de lotización, quebradas, además de información de empresas, instituciones o municipios.
- Capas bases: estas son parte del programa AutoCAD y que diferencia lo mencionado en levantamiento de la información.
- Capas de infraestructura de red: contiene la red antigua, presente o futura mediante capas del programa AutoCAD.
- Formato de impresión de planos: las ventanas de impresión se crearán en la capa o capas de espacio papel.
- Definición de planos a presentar: presentará cada capa de impresión de planos con diferente visualización del proyecto.

Normativa técnica de diseño de planta externa con fibra óptica

En el diseño de planta externa se contempla los siguientes puntos:

- Topología: se requiere para la construcción de redes troncales o anillos; la fibra óptica se la utiliza entre nodos, estos nodos están ubicados en edificios, oficinas, casas, etc. en donde se van a ubicar los equipos activos.

- Red aérea: se la ubica en postes y se la usa en zonas urbanas, ciudades o para enlaces entre ciudades o zonas rurales.
- Red canalizada: usada en canalizaciones nuevas o preexistente, en pozos de revisión de zonas urbanas o ciudades.
- Red directamente enterrada: compuesta de tubería PVC donde pasa la fibra óptica, enterrada en una zanja, comúnmente esta tubería está formada por marcadores electrónicos, cámaras de paso y cinta de advertencia.
- Fibra directamente enterrada: se la utiliza en tramos cortos y la fibra va directamente enterrada para optimizar costos.

Normativa técnica de diseño y construcción de redes de distribución interna GPON-FTTH en edificios y urbanizaciones

Tanto el diseño como la construcción de una red GPON-FTTH deben cumplir las exigencias de la CNT EP, por lo que es necesario establecer reglas, disposiciones definidas que eviten en lo posible discrepancias [7]. Para esta etapa se debe cumplir con los siguiente:

- Documentación y trámites: contempla registros de profesionales.
- Diseño de la red GPON-FTTH: en esta etapa se estudia la compatibilidad con otros servicios en la que no afecte las instalaciones GPON, así también como la demanda GPON o posibles clientes.
- Procedimiento para la aprobación de un diseño GPON-FTTH: debe tener una aceptación de aprobación del diseño.

3.2 Diseño de la red GPON bajo normativa CNT EP

Se presenta el diseño de la red FTTH, basado en las normativas de diseño de las redes de fibra óptica en urbanizaciones, mediante los planos se realizó el levantamiento de información para conocer la cantidad de usuarios, definir el recorrido de la fibra y definir la ubicación de los elementos pasivos que conforman la red.

El conjunto residencial Toledo está ubicado al noroccidente de Quito y cuenta con un área total de 20,859.42 (m²) distribuido en áreas comunales, parqueaderos y 142 viviendas, según se visualiza en la Figura 3.5 una parte de las viviendas del conjunto; en el Anexo 1 se observa la implantación general.

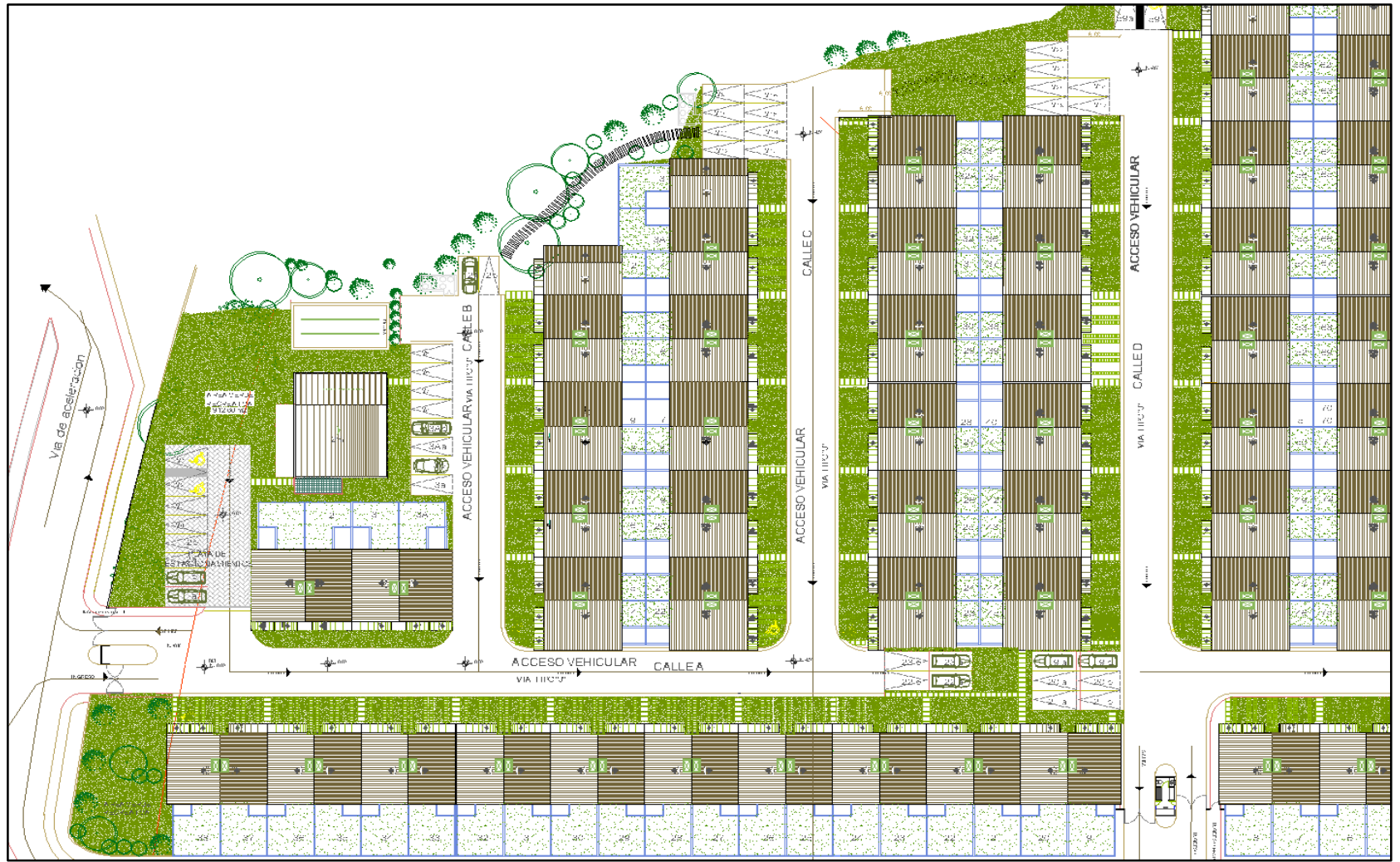


Figura 3.5 Implantación conjunto residencial Toledo

Memoria técnica

La memoria técnica es un documento donde se presenta el resumen del proyecto y los materiales a utilizarse, que debe ser presentado a la CNT EP para la aprobación del proyecto final. La memoria contempla los siguientes registros:

- Estudio de la demanda
- Plano de la red *feeder*
- Plano de la red de canalización
- Plano de la red de dispersión
- Cálculo del presupuesto óptico
- Especificaciones técnicas de los materiales
- Volúmenes de obra la red GPON, con las cantidades de los materiales y actividades ejecutadas.

En esta sección con el diseño de la red GPON se describirá cada uno de los puntos mencionados, y el último punto estará descrito en la sección 3.3 con el presupuesto financiero.

Diseño de la red *feeder*

Para el diseño de la red *feeder* se utilizará una manga de empalme, para fusionar los hilos *feeder* y desde este punto bajar mediante un herraje hacia cada armario de la red de distribución, considerando las siguientes recomendaciones de la normativa CNT EP:

- a. Al realizar el sangrado a la fibra *feeder* se considera la cantidad de fibras a fusionar para elegir el tipo de fibra y la manga adecuada.
- b. Para realizar la identificación de los FDH y mangas se considera al primero como el más cercano a la cabecera, de esta forma se le asignaría el 1.
- c. La reserva de fibra para cables menores a 96 hilos es de treinta metros para el sangrado y quince metros por cada punta de cable [13].

- **Cálculo de la demanda GPON**

La determinación de la demanda futura de los servicios de telecomunicaciones de un conjunto residencial se realizará a partir de la demanda inicial. La CNT EP se encuentra desplegando en forma masiva la red GPON-FTTH en todos los sectores de la ciudad de Quito y a nivel nacional, el cálculo de la demanda final se realiza para un futuro de 10 años, considerando el tipo de usuario y de construcción se estima una tasa de

crecimiento del 2% anual, tomando como referencia las encuestas de crecimiento poblacional del año 2010 realizadas por el INEC [19].

Por lo tanto, para el presente proyecto se utiliza la Ecuación 3.1 donde, se considera que la demanda inicial es 142, el índice de crecimiento se coloca en 0 debido a que el conjunto residencial Toledo no posee más terreno y las posibilidades de extensión son limitadas para un futuro crecimiento, y el tiempo se considera 10 años. Por lo tanto, en este caso particular la demanda final es igual a la inicial.

$$D_f = D_o * (1 + i)^n$$

Ecuación 3.1 Demanda final [7]

Donde:

- Do : Demanda inicial = 142
- i : Índice de crecimiento anual = 0
- n : Tiempo al que será calculado = 10 años
- Df : Demanda final

Usando la Ecuación 3.1 se obtiene:

$$D_f = D_o = 142$$

- **Cálculo del número de hilos para la red *feeder***

La capacidad de red *feeder* es aquella que se requiere para que la CNT EP, instale la acometida al conjunto habitacional. De acuerdo con la recomendación ITU-T G.984 permite la relación de división en 2, 4, 8, 16 y 32, mientras que la recomendación ITU-T G.984.6 permite la relación de división hasta 64. Para el proyecto se utiliza la división 1x32 debido a que tiene menor pérdida de inserción que el *splitter* de 1x64 además que se utilizarán dos armarios de distribución uno en cada entrada, para manejar una mejor distribución hacia cada abonado.

Con el valor calculado de la Ecuación 3.1 donde la demanda final es 142 y aplicando en la Ecuación 3.2, se obtiene que el número de hilos *feeder* necesarios son:

$$\text{Número de hilos } feeder = D_f/32$$

Ecuación 3.2 Número de hilos *feeder* [7].

$$\text{Número de hilos } feeder = 4.43 \approx 5$$

Según el cálculo de la Ecuación 3.2, el resultado es 4.43 y se aproxima a 5 fibras ópticas tipo *feeder*, para abastecer un total de 142 casas y para el diseño se considera utilizar una fibra óptica de 12 hilos para tener hilos de reserva.

Diseño de la canalización de acometida

La canalización para fibra óptica debe estar separada de las instalaciones de otros servicios como la electricidad. En el diseño de la red GPON se deberá tener en cuenta la demanda presente y futura [13].

Para realizar el diseño de los planos de canalización, se considera las siguientes recomendaciones de la normativa de construcción de planta externa con fibra óptica ODN de la CNT EP:

- En el plano se debe incluir el pozo de ingreso a la urbanización y la conexión al pozo más cercano existente de la CNT. Además, debe incluir las mangueras de acometida a cada cliente.
- Cuando existen canalizaciones existentes se debe verificar los ductos ocupados, y cuando no se dispone de ductos libres se debe proyectar una nueva canalización y pozos [13].

El conjunto no dispone de canalización para servicio de Internet y por lo tanto es necesario diseñar una red de canalización para brindar seguridad al paso de la fibra óptica, la cual permite establecer un camino hacia cada elemento de la red; en la Figura 3.6 se aprecia parte de la canalización proyectada.

Se ha considerado utilizar un triducto, que está formado por tres tubos adyacentes de PVC de 51 (mm), para el tendido de la fibra óptica de la red de distribución, el ingreso de los hilos *feeder* hacia los FDH y para unir entre pozos de mano de 60x60x60 (cm). Este pozo debe ser construido con hormigón, tendrá una tapa de acero metálico de macho y hembra fundida con hormigón, además se le colocará un disco metálico con la identificación de CNT.

Para el tendido de fibra óptica de la red de dispersión se utilizará tubería de 19 (mm) en material PVC que termina en un cajetín metálico de 10x10x5 (cm) que se encontrará ubicado en la frontal inferior de cada casa. La canalización total se la observa en el Anexo 2.

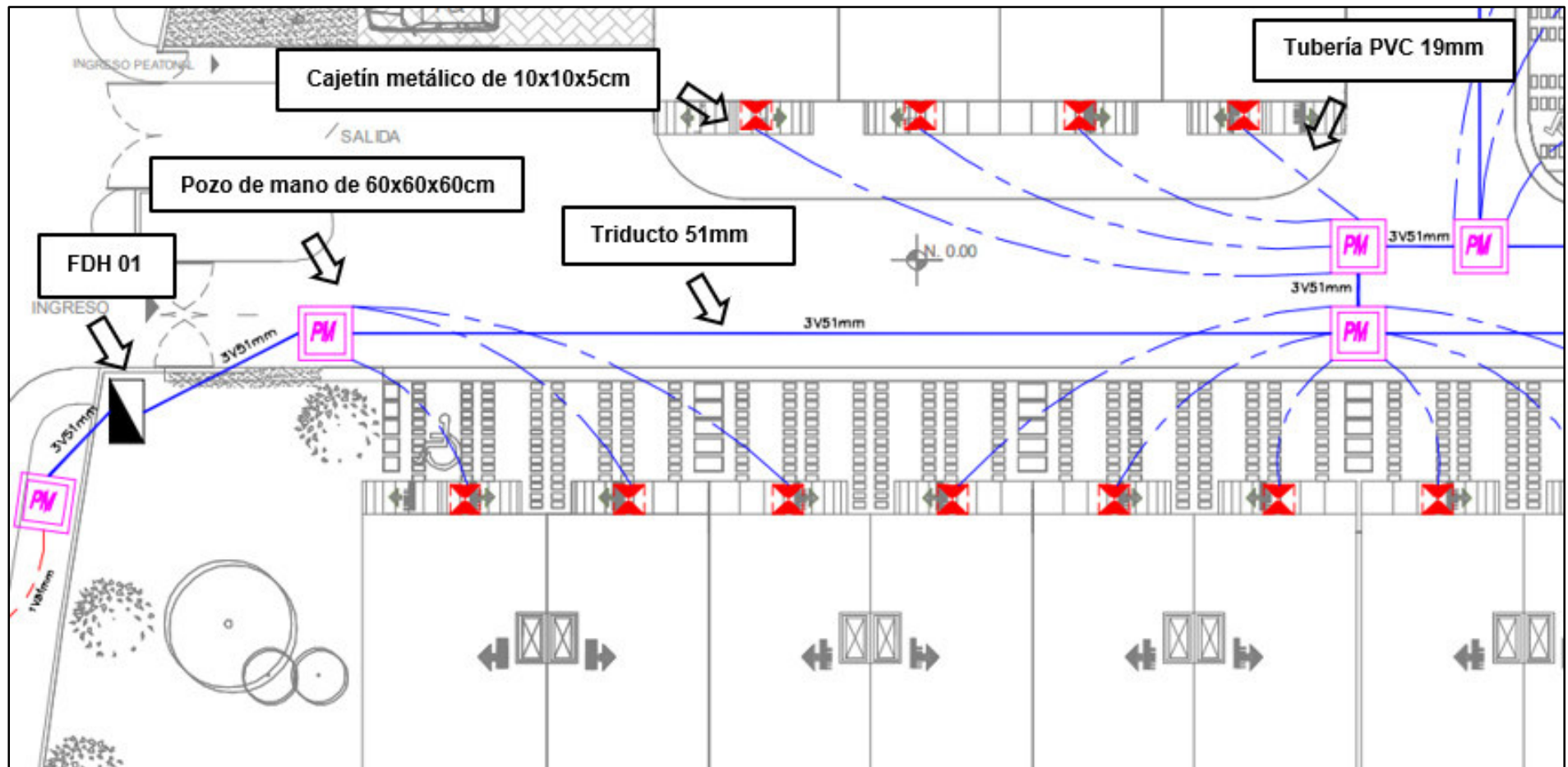


Figura 3.6 Muestra de la canalización del conjunto residencial Toledo

Diseño red de distribución

Para la red de distribución se utilizará las tuberías y pozos de mano establecidos en el plano de canalizaciones, se considera instalar dos armarios de distribución uno en cada ingreso del conjunto y estará conformado desde el FDH 01 al FDH 02. Estos dos armarios de distribución principal serán de 96 puertos y alojarán a los *splitters*, estos armarios tendrán las dimensiones 60x70x27 (cm) [13].

Para la red de distribución se requiere 5 hilos según el cálculo para el número de hilos *feeder*; sin embargo, se utilizará una fibra óptica monomodo canalizada de 12 hilos G.652D con protección anti roedores, para tener hilos como reserva y la misma permite trabajar en las longitudes de onda para subida en 1310 (nm), bajada en 1490 (nm) y para video en 1550 (nm) y admite la transmisión por WDM, y se realizará un solo nivel de *splitter* de 1x32 por cada hilo *feeder* y estos *splitters* estarán instalados en cada armario [21].

En la Figura 3.7 se observa una parte de la red de distribución donde se han ubicado los armarios de distribución FDH y el tendido de la fibra óptica de 12 hilos. La red de distribución completa se observa en el Anexo 3.

Diseño red de dispersión

La red de dispersión estará conformada por el cable de fibra óptica *drop* G.657.A2, de dos hilos por su resistencia a diferentes ambientes, desde cada armario FDH 01 y FDH 02 hacia la roseta, esto debido a que la distancia desde los FDH hacia el abonado más lejano es menor a 300 (m), distancia permitida por la normativa CNT EP [21].

En la Figura 3.8 se observa una parte de la red de dispersión y en el Anexo 4 se visualiza la misma en su totalidad, donde el tendido hacia cada roseta se realiza desde los FDH.

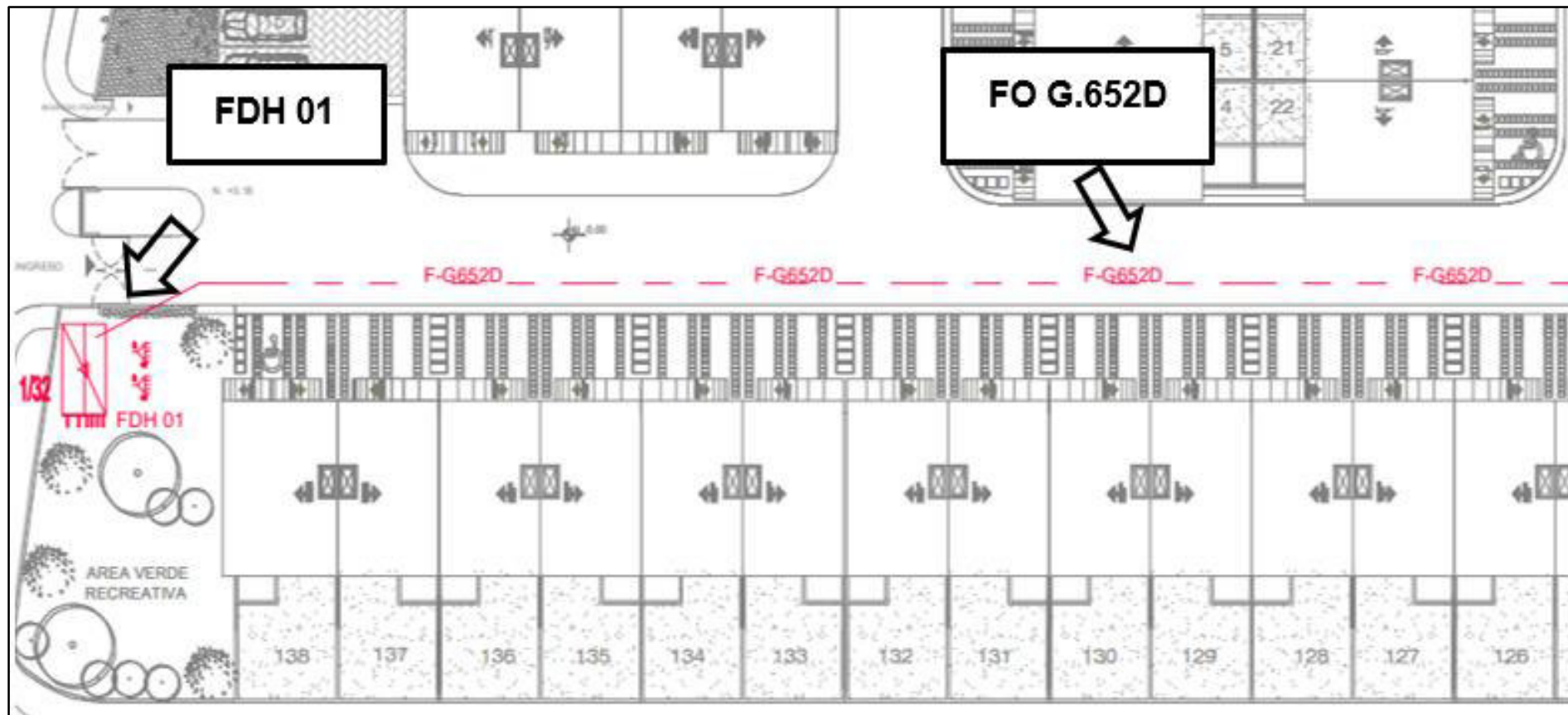


Figura 3.7 Muestra de red de distribución del conjunto residencial Toledo

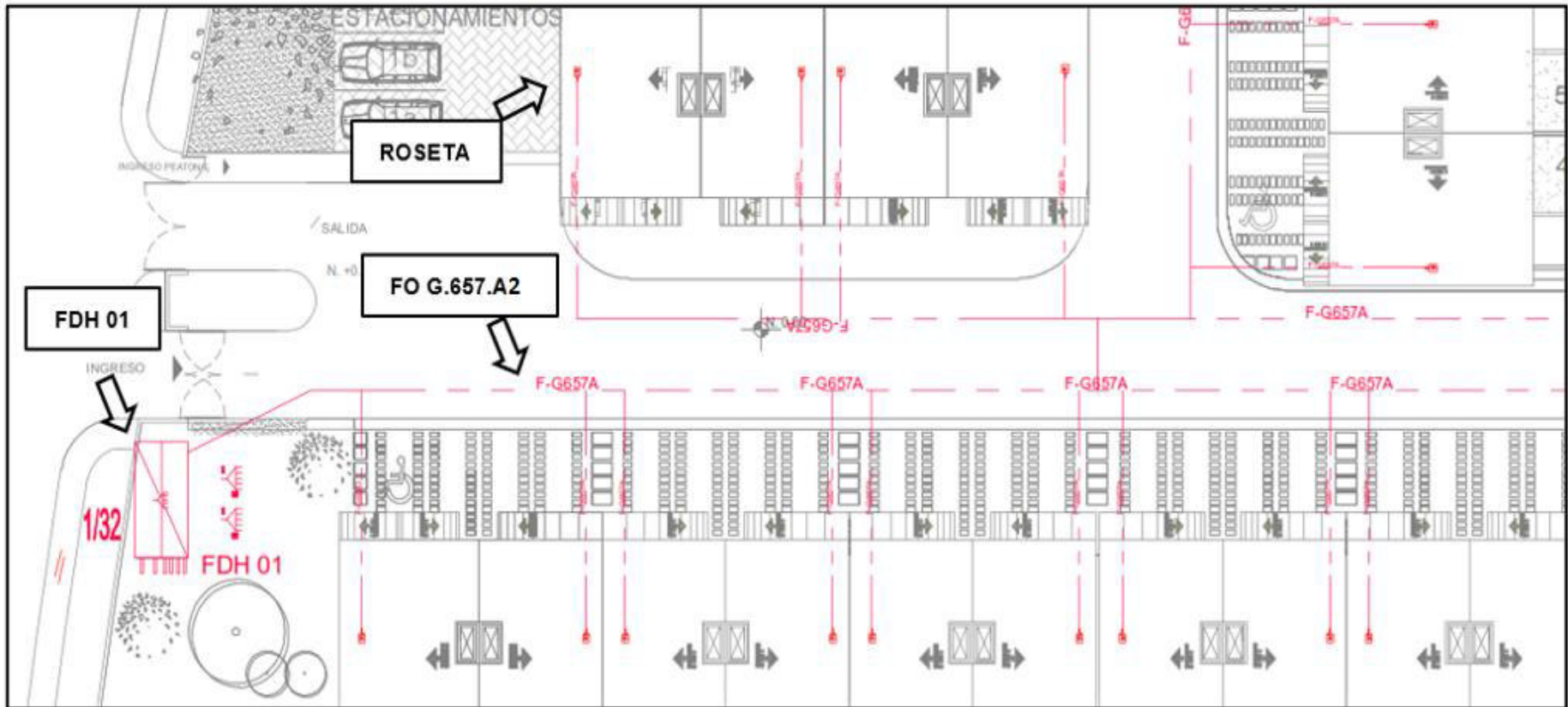


Figura 3.8 Muestra de red de dispersión del conjunto residencial Toledo

Las rosetas se ubican en un punto estratégico dentro de cada casa, de tal forma que la ONT pueda irradiar la señal de RF en el hogar de forma satisfactoria, además la roseta debe encontrarse lo más cerca del lugar de instalación de posibles equipos que requieran conexión a ella. Su instalación en la pared será a una altura de 30 a 50 (cm) aproximadamente del nivel del piso. Con los puntos expuestos, el diseño de la red GPON queda definido conforme a las siguientes características:

- Para la acometida principal se realiza el sangrado desde el poste más cercano de la red *feeder* de la CNT EP, utilizando 5 hilos para abastecer las 142 viviendas del conjunto.
- Para la obra civil se considera pozos de mano de 60x60x60 (cm) y para la vía principal un triducto de 51 (mm) y tubería de 19 (mm) para el acceso hasta el cajetín de cada casa.
- Se establece un solo nivel de *splitter* y se realiza en el armario de distribución con *splitters* 1x32 por cada hilo *feeder*.
- El conjunto residencial para el diseño se dividió en dos áreas (lado occidental y lado oriental) para colocar dos armarios de distribución ubicados en cada ingreso, en el FDH1 (ingreso lado occidental) tiene dos *splitters* de 1x32 y el FDH2 (ingreso lado oriental) posee tres *splitters* de 1x32.
- Para la red de dispersión no se consideran NAPs, y se lo realiza mediante cable de fibra óptica *drop* G.657.A2 desde los armarios de distribución hacia cada roseta, esto se encuentra dentro del estándar ya que es menor a 300 metros.

Presupuesto óptico

Los elementos que generan atenuación de la señal al enlace de fibra óptica son: ODFs, conectores o enfrentadores, fusiones o empalmes mecánicos y *splitters*; donde la atenuación depende del número de divisiones y la longitud de la fibra óptica.

Los valores umbrales utilizados se basan en la Norma ITU-T G.984 que define las redes GPON, manteniendo un margen de guarda de 3 (dB). Este margen permite las posibles modificaciones que se presenten a futuro en el tendido de la red, y que impliquen aumento en la atenuación de la red ODN [7].

Valores de umbral en OLT:

- Potencia Mínima de Emisión: +1,5 (dBm)
- Potencia Máxima de Emisión: +5 (dBm)

- Sensibilidad Mínima: -28 (dBm)
- Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 (dBm)

Valores de umbral ONT:

- Potencia Mínima de Emisión: +0,5 (dBm)
- Potencia Máxima de Emisión: +1 (dBm)
- Sensibilidad Mínima: -27 (dBm)
- Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 (dBm)

La CNT EP dispone de plantillas que permite calcular el presupuesto óptico, para el conjunto residencial que dispone de 142 casas. Se ha considerado utilizar el “Modelo de red GPON para urbanizaciones” [7] conforme se puede observar en la Figura 3.9, que comprende desde la OLT, la OSU³, organizadores de fibra óptica externo e interno, cable de fibra *feeder*, el armario de distribución de fibra FDH (que contiene a los divisores ópticos), roseta y el ONT del usuario.

Del modelo, observado en la Figura 3.9, el cuadrado verde representa a los conectores, los círculos rojos representan empalmes por fusión, se visualiza los *splitters* de 1x32, además la longitud de onda considerada para el cálculo del presupuesto se utilizó la de 1310 (nm) porque tiene mayor atenuación comparando las distintas longitudes de onda y así permite tener el valor máximo por atenuación de la fibra óptica.

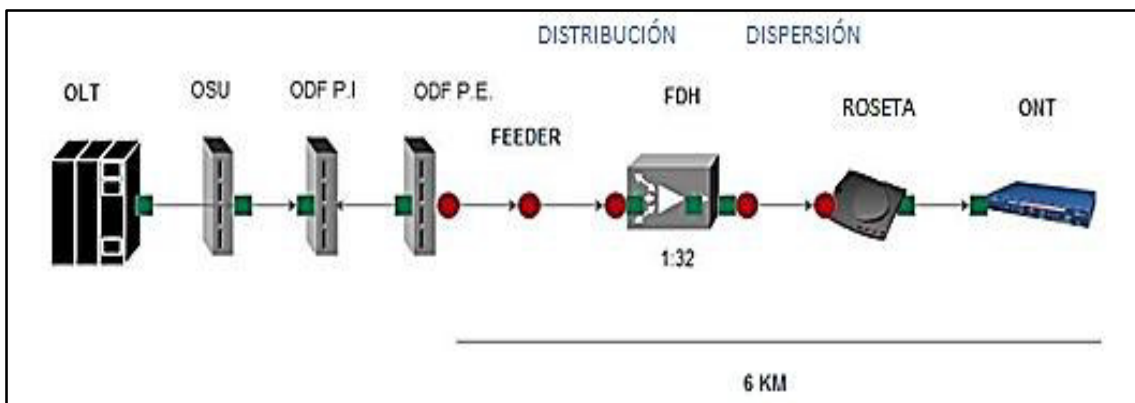


Figura 3.9 Modelo de red GPON para urbanizaciones [7]

Mediante la Ecuación 3.3 se calcula la pérdida total del enlace de fibra óptica.

³ OSU: Unidad óptica del suscriptor, contiene 2 puertos de consola y 2 puertos auxiliares, un puerto para las pruebas de medición con ODTR y puerto de servicio de entrada y salida.

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L$$

Ecuación 3.3 Atenuación total del enlace [9]

Donde:

- a_t : Atenuación total (dB)
- L : Longitud del cable (Km)
- a_L : Coeficiente de atenuación (dB/Km)
- n_e : Número de empalmes
- a_e : Atenuación de empalmes
- n_c : Número de conectores
- a_c : Atenuación por conectores
- a_r : Reserva de atenuación (dB/Km)

A continuación, se muestra en la Tabla 3.3 los valores correspondientes al presupuesto óptico considerando que se utilizará el modelo para urbanizaciones de la Normativa técnica de diseño y distribución de la CNT EP.

Tabla 3.3 Plantilla de presupuesto óptico para longitud de onda en *Upstream*. [7]

Elementos de la red de fibra óptica		Cantidad	Pérdida	Unidades	Pérdida Total (dB)
Conectores		9	0.50	dB	4.50
Empalmes por fusión		5	0.10	dB	0.50
Empalmes mecánicos		-	0.20	dB	0.00
Splitters	1x2	-	3.50	dB	0.00
	1x4	-	7.00	dB	0.00
	1x8	-	10.50	dB	0.00
	1x16	-	14.00	dB	0.00
	1x32	1	17.50	dB	17.50
	1x64	-	21.00	dB	0.00
Longitudes de onda de la fibra óptica G.652D	1310(nm)	6	0.35	dB /Km	2.10
	1490(nm)	-	0.30	dB /Km	0.00
	1550(nm)	-	0.25	dB /Km	0.00
TOTAL (dB)				dB	24.60

Tabla 3.4 Plantilla de presupuesto óptico para longitud de onda en *Downstream*. [7]

Elementos de la red de fibra óptica		Cantidad	Pérdida	Unidades	Pérdida Total (dB)
Conectores		9	0.50	dB	4.50
Empalmes por fusión		5	0.10	dB	0.50
Empalmes mecánicos		-	0.20	dB	0.00
<i>Splitters</i>	1x2	-	3.50	dB	0.00
	1x4	-	7.00	dB	0.00
	1x8	-	10.50	dB	0.00
	1x16	-	14.00	dB	0.00
	1x32	1	17.50	dB	17.50
	1x64	-	21.00	dB	0.00
Longitudes de onda de la fibra óptica G.652D	1310(nm)	-	0.35	dB /Km	0.00
	1490(nm)	6	0.30	dB /Km	1.80
	1550(nm)	-	0.25	dB /Km	0.00
TOTAL (dB)				dB	24.30

Tabla 3.5 Plantilla de presupuesto óptico para longitud de onda en video. [7]

Elementos de la red de fibra óptica		Cantidad	Pérdida	Unidades	Pérdida Total (dB)
Conectores		9	0.50	dB	4.50
Empalmes por fusión		5	0.10	dB	0.50
Empalmes mecánicos		-	0.20	dB	0.00
<i>Splitters</i>	1x2	-	3.50	dB	0.00
	1x4	-	7.00	dB	0.00
	1x8	-	10.50	dB	0.00
	1x16	-	14.00	dB	0.00
	1x32	1	17.50	dB	17.50
	1x64	-	21.00	dB	0.00
Longitudes de onda de la fibra óptica G.652D	1310(nm)	-	0.35	dB /Km	0.00
	1490(nm)	-	0.30	dB /Km	0.00
	1550(nm)	6	0.25	dB /Km	1.50
TOTAL (dB)				dB	24.00

El valor obtenido se encuentra dentro del margen de 0 a 28 (dB) establecido por la norma ITU-T 984.6, y es inferior a lo establecido por la CNT EP al valor de 25 (dB) dejando un margen de guarda de 3 (dB) para mantenimientos y reparaciones siguiendo la normativa ITU-T.

Planos *As Built* georreferenciados

Los planos *As Built* se elaboran posterior a la implementación y consiste en realizar las modificaciones necesarias a los planos de los diseños mostrados en los Anexos 2, 3 y 4 conforme se encuentra la red ejecutada. Se mantiene la simbología de plana externa GPON según el Anexo 5, establecida en la norma de dibujo de la CNT EP.

3.3 Presupuesto financiero para la instalación de la red GPON

Definido los materiales y las actividades necesarias para la propuesta de la red FTTH en el conjunto residencial Toledo, se utilizará el “Catálogo de materiales homologados de la CNT EP” para el despliegue de las redes GPON, el cual se encuentra disponible sin restricción en la página web: <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2021/01/CATALOGO-MAT-HOM-AL-08-DE-ENERO-DEL-2021.pdf>

Dentro de este catálogo se pueden verificar todos los materiales, marcas y modelos que cumplen con las especificaciones técnicas requeridas por esta empresa pública.

En la Tabla 3.6 se presenta los materiales y modelos seleccionados que fueron homologados y cumplen con las funcionalidades requeridas. Los materiales se eligieron en diferentes marcas, debido a que no todas las empresas fabrican todos los productos que contempla los materiales para cada segmento de la red ODN como: la red de canalización, red *feeder*, distribución y dispersión; cabe recalcar que utilizar varias marcas no afecta la funcionalidad de la red.

En el Anexo 7 se observan los *datasheets* de los diferentes componentes.

Tabla 3.6 Materiales homologados [20]

Material	Marca	Modelo
Cable fibra óptica canalizada G.652D 12 hilos	FIBERHOME	GYFS-12 G.652D
Cable canalizado de fibra óptica 2 hilos G.657.A2 <i>drop</i> 6mm antirroedores	JFOPT	GJYXFCH-2B6a2
Manga tipo domo 12 hilos	TYCO	FIST-GCOG2BC6K2
Triducto PEAD (HDPE) membrana flexible	PLASTIGAMA	OPTIFLEX
Roseta óptica 2 puertos SC/APC	HUAWEI	ATB3101-1B
<i>Splitters</i> conectorizado 1x32	HUAWEI	SPL9105
Armario FTTH de distribución óptica	SILEX FIBER	ART288
<i>Optical Network Terminal</i>	HUAWEI	HG8245H

En la Tabla 3.7 se describen los equipos, materiales y cantidades establecidos para la red de canalización, red *feeder*, distribución y dispersión, los precios referenciales fueron obtenidos de distintos proyectos de titulación.

Tabla 3.7 Presupuesto financiero de los materiales de la red [20]

Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Cable fibra óptica canalizada G.652D 12 hilos	m	200.00	\$ 2.40	\$ 480.00
Cable canalizado de fibra óptica 2 hilos G.657.A2 <i>drop</i> 6(mm) antirroedores	m	11,360.00	\$ 0.50	\$ 5,680.00
Manga tipo domo 12 hilos	U	1.00	\$ 385.00	\$ 385.00
Roseta óptica 2 puertos SC/APC	U	142.00	\$ 27.00	\$ 3,834.00
<i>Splitters</i> conectorizado 1x32	U	5.00	\$ 987.00	\$ 4,935.00
Armario FTTH de distribución óptica	U	2.00	\$ 4,910.27	\$ 9,820.54
Subida a poste, tubo de 5(m) - 2"	U	1.00	\$ 75.00	\$ 75.00
Manguera PVC 3/4"	m	2,130.00	\$ 0.45	\$ 958.50
<i>Optical Network Terminal</i>	U	142.00	\$ 60.00	\$ 8,520.00
TOTAL				\$ 37,418.04

En la Tabla 3.8 se describe el presupuesto financiero con precios referenciales para ejecutar la instalación y mano de obra requerida para la obra civil, pruebas requeridas con equipos de medición, y las cantidades establecidas según los diseños realizados, los precios fueron obtenidos de distintos proyectos de titulación.

Tabla 3.8 Presupuesto financiero de instalación y mano de obra [20]

Instalación y mano de obra	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Canalización acera 1 vía de triducto	m	780.00	\$ 4.00	\$ 3,120.00
Colocación de cerco y tapa de hierro fundido u hormigón en pozo	U	32.00	\$ 65.14	\$ 2,084.48
Etiquetas de cable para interiores	U	150.00	\$ 0.87	\$ 130.50
Pozo de mano	U	32.00	\$ 97.96	\$ 3,134.72
Tapa de cemento de 60x60 (cm)	U	32.00	\$ 51.73	\$ 1,655.36
Fusión de 1 hilo de fibra óptica	U	294.00	\$ 8.32	\$ 2,446.08
Instalación de manguera corrugada de 3/4"	m	2,130.00	\$ 0.40	\$ 852.00
Preparación de punta de cable de fibra óptica y sujeción de cables de 6 - 96 hilos	U	294.00	\$ 7.06	\$ 2,075.64
Prueba de potencia de 1 hilo de fibra óptica GPON	hilo	142.00	\$ 7.69	\$ 1,091.98
Prueba reflectométrica bidireccional por fibra en una ventana GPON + traza reflectométrica	hilo	10.00	\$ 7.95	\$ 79.50
Sangrado de cable fibra óptica ADSS de 6 - 48	U	5.00	\$ 9.13	\$ 45.65
Tendido de cable canalizado <i>drop</i>	m	11,360.00	\$ 0.40	\$ 4,544.00
Tendido de cable canalizado 12 fibras ópticas monomodo G.652D	m	780.00	\$ 1.50	\$ 1,170.00
TOTAL				\$ 22,429.91

En la Tabla 3.9 se calcula el presupuesto referencial total, establecido entre el precio de los materiales de la red *feeder*, distribución y dispersión más el precio de instalación y mano de obra.

Tabla 3.9 Presupuesto financiero total [20]

Presupuesto	Precio Total
PRESUPUESTO FINANCIERO DE LOS MATERIALES	\$ 37,418.04
PRESUPUESTO FINANCIERO DE INSTALACIÓN Y MANO DE OBRA	\$ 22,429.91
TOTAL	\$ 59,847.95

Las cantidades de materiales e instalación del diseño, está calculado para la totalidad de casas existentes, considerando que el proveedor del servicio hacia cada hogar será de la CNT EP; sin embargo, para los usuarios que deseen contratar un servicio de otro operador podrán utilizar la infraestructura propuesta.

3.4 Simulación del diseño de la red GPON del conjunto residencial

En este capítulo se procedió a realizar un análisis del estudio y diseño elaborado en los objetivos 1 y 2 en un entorno de simulación, mediante el *software Optisystem*, el cual permite simular redes de fibra óptica y enlaces de comunicaciones. Este *software* pertenece a la productora *Optiwave* y debe ser pagado para usarlo por un tiempo ilimitado; sin embargo, cuenta con una versión de prueba con una duración de 30 días, se descargó la versión 18 siendo la última disponible según se observa en la Figura 3.10. Este tiempo facilitó para simular las etapas y elementos que forman parte de la red GPON para verificar el funcionamiento con el presupuesto óptico teórico calculado.



Figura 3.10 *Optisystem* versión 18, *Optiwave* [21]

Su interfaz gráfica consta de cuatro áreas importantes que son: la barra de título, barra de menú, barra de herramientas y el área de trabajo, como se puede observar en la Figura 3.11.

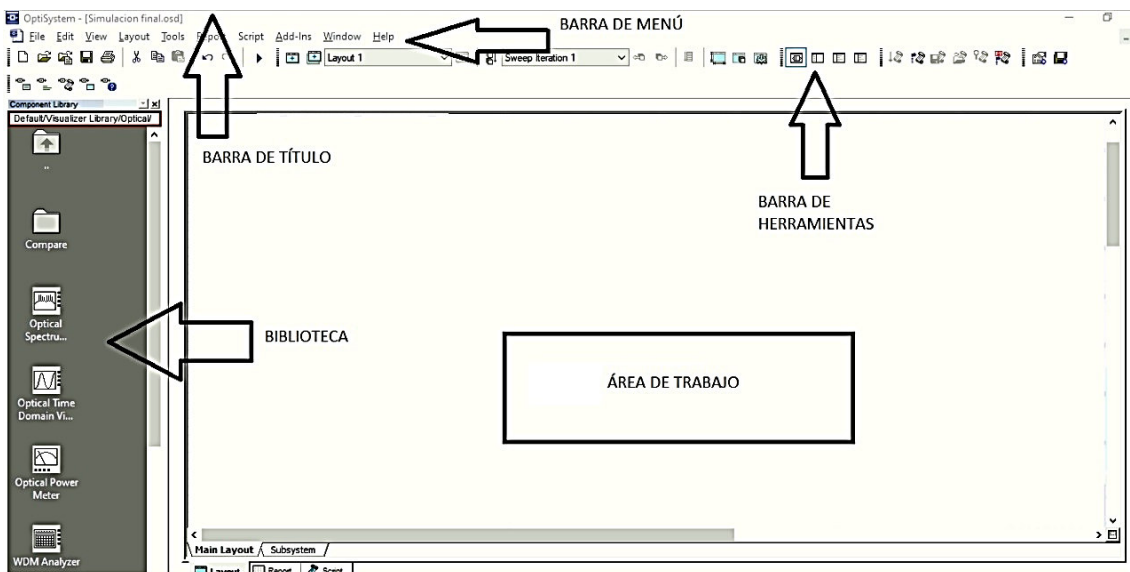


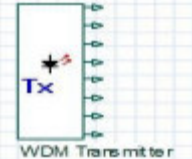
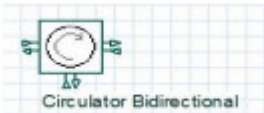
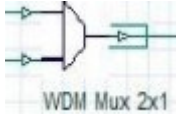
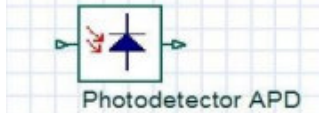
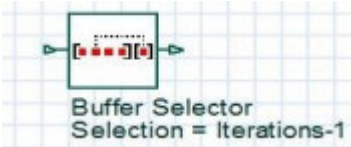
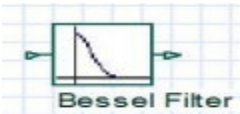
Figura 3.11 Interfaz gráfica del *Optisystem*

Desarrollo de la simulación

En el desarrollo de la simulación se procedió a simular 3 etapas de la red GPON, conforme se puede observar en el Anexo 6.

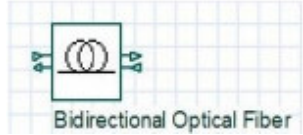
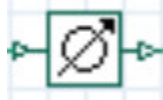

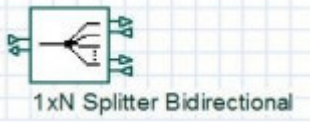
La primera etapa es la OLT: consta de dos transmisores ópticos, uno para transmitir voz y datos a una longitud de onda de 1490 (nm) y otro para la transmisión de video en una longitud de onda de 1550 (nm). También consta, de un fotodetector para recibir la señal en una longitud de onda de 1310 (nm), conforme se indica en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Componentes de la OLT

Componente	Simbología	Funcionalidad
Transmisor WDM		Realiza la función de una OLT, el cual permite transmitir una señal óptica, y puede establecer parámetros como, frecuencias, espaciamiento entre frecuencias, transmisión, tipo de modulación, entre otras.
Circulador Bidireccional		Su función es redireccionar de forma secuencial la señal de un puerto con la longitud de onda y pérdidas en cuanto a retorno e inserción.
Multiplexor 2x1		Recibe las señales del transmisor WDM, y las transmite por una única salida, en la que se puede modificar parámetros como el ancho de banda, pérdidas de retorno, modificar el tipo de filtro y frecuencias que recibe.
Fotodetector APD		Sensible a la presencia de luz o fotones que es utilizando en el receptor de fibra.
Buffer Selector		Permite una serie de interacciones en el que el <i>buffer</i> permite seleccionar una señal. Filtra una interacción y esta interacción es enviada al detector.
Filtro Bessel		Filtra señales tanto en el dominio del tiempo como en el dominio óptico. El cual elimina componentes de alta frecuencias que estén por encima de la frecuencia de corte.

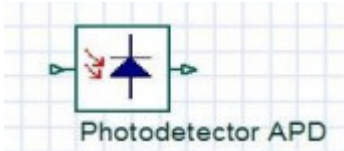
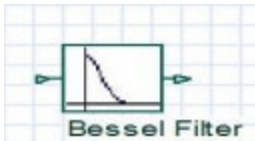
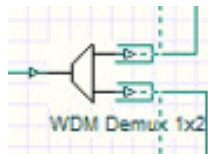
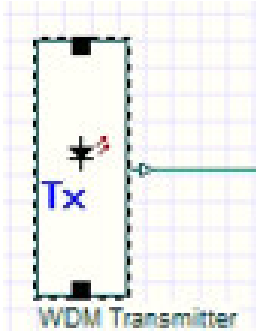
La segunda etapa es la ODN: está formada por los elementos pasivos como, fibra óptica, *splitters*, pérdidas de atenuación por fusiones y conectores que van desde la OLT a las ONTs, conforme se indica en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Componentes de la ODN

Componente	Simbología	Funcionalidad
Fibra óptica bidireccional		Simula un cable de fibra óptica y permite modificar parámetros de pérdidas, ancho de banda, distancia y frecuencia.
Atenuador óptico		Simula las pérdidas de los conectores y fusiones de fibra óptica, permite modificar el valor de pérdida de señal.
Optical delay		Genera retrasos en la señal óptica, para que una señal se simule después de un intervalo de tiempo ya que en una fibra bidireccional existen señales tanto hacia atrás como adelante, de modo que ambas señales puedan viajar al mismo tiempo.
1xN Splitter Bidireccional		Divide la señal de entrada a varios puertos de salida de 1x2, 1x8, 1x32, 1x64. Permitiendo modificar los valores de pérdida según el <i>splitter</i> seleccionado.

La tercera etapa es la ONT: se encuentra ubicada en el usuario final; consta de dos fotodetectores APD, para recibir las señales ópticas en las longitudes de onda de 1490 (nm) y 1550 (nm) y un transmisor óptico para transmitir voz y datos a una longitud de onda de 1310 (nm), conforme se indica en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12 Componentes de la ONT

Componente	Simbología	Funcionalidad
Fotodetector APD		Sensible a la presencia de luz o fotones que fue utilizado en el receptor de fibra.
Filtro Bessel		Filtra señales tanto en el dominio del tiempo como en el dominio óptico. El cual elimina componentes de alta frecuencia que estén por encima de la frecuencia de corte.
WDM Demux 1X2		Recibe una señal óptica y la transmite a varias salidas, en este diagrama recibe las señales que fueron transmitidas desde la OLT.
Transmisor WDM		Permite transmitir una señal óptica para el canal de <i>upstream</i> , y puede establecer parámetros como: frecuencias, espaciamiento entre frecuencias, transmisión, tipo de modulación, entre otras.

Configuración de parámetros de los componentes de la OLT

La OLT está formada por dos componentes WDM para la transmisión de voz, datos y video, como se muestra en la Figura 3.12. Este componente WDM hace la función de OLT que consta de una matriz del transmisor, con características especiales agrupadas en un solo elemento, además que hace más sencilla la multiplexación por división de longitud de onda, puesto que en esta etapa recoge tramas de voz y datos y las junta con las tramas de video ya que maneja distintas longitudes de onda. En lo que conforma la OLT también tiene el receptor OLT, el cual mediante el detector APD detecta la señal óptica y se filtra mediante un filtro paso bajo (*Bessel*) mismo que elimina el ruido, y a través del fotodetector realiza la conversión de la señal óptica a señal eléctrica; después pasa por el *buffer selector* para poder visualizar la señal recibida.

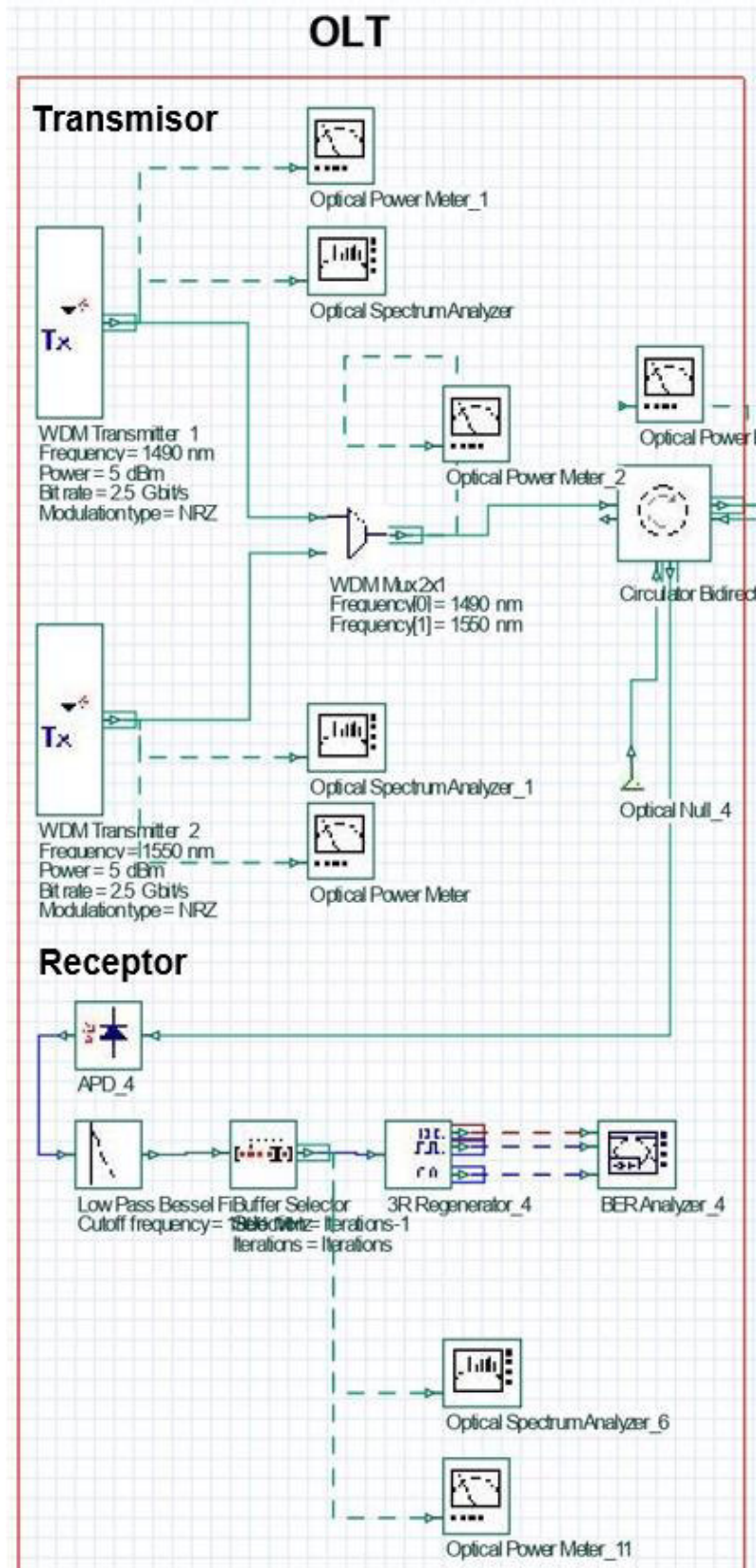


Figura 3.12 Etapa de OLT en el software Optisystem

- **Transmisor OLT**

Previamente, en la Figura 3.13 se configura el *bit rate* (velocidad de transmisión) de 2.5 (Gbps), configurado para la señal *downstream* y los demás parámetros son configurados por defecto de cada componente.

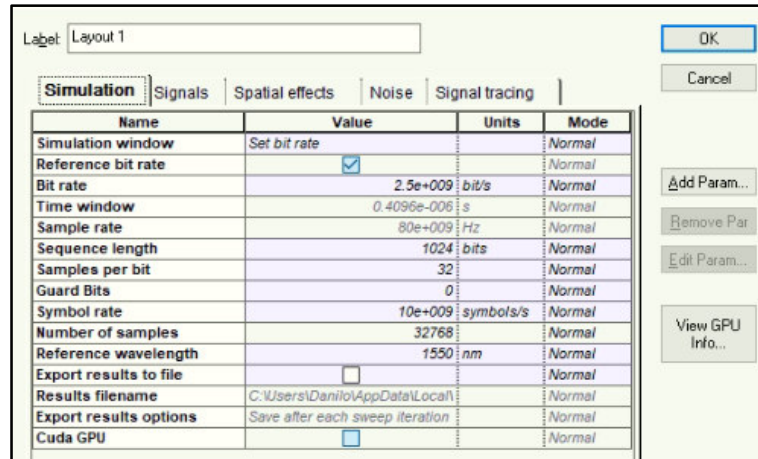


Figura 3.13 Configuración del valor del *bit rate*

En la Figura 3.14 y Figura 3.15, se realiza la configuración del Transmisor WDM, para la transmisión de voz, datos y video. Para el transmisor de voz y datos se configura la longitud de onda de 1490 (nm) y para la transmisión de video la longitud de onda de 1550 (nm), la potencia de salida de la OLT es de 5 (dBm) valor que corresponde al umbral máximo de potencia de transmisión en la OLT, utilizada en la sección 3.2 del cálculo del presupuesto óptico.

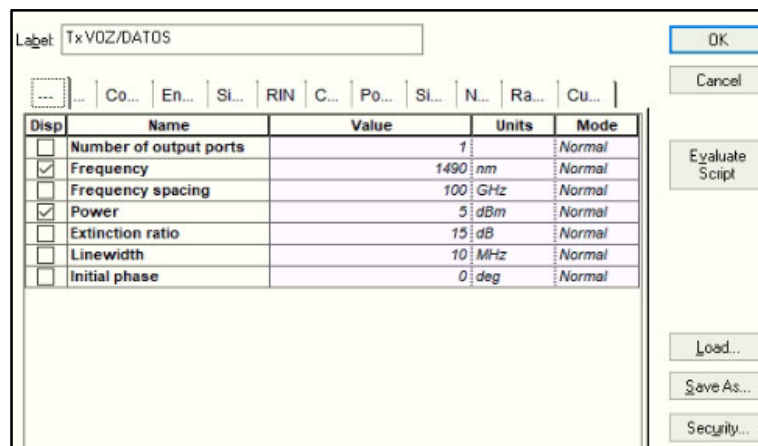


Figura 3.14 Configuración del transmisor WDM para transmisión de voz y datos

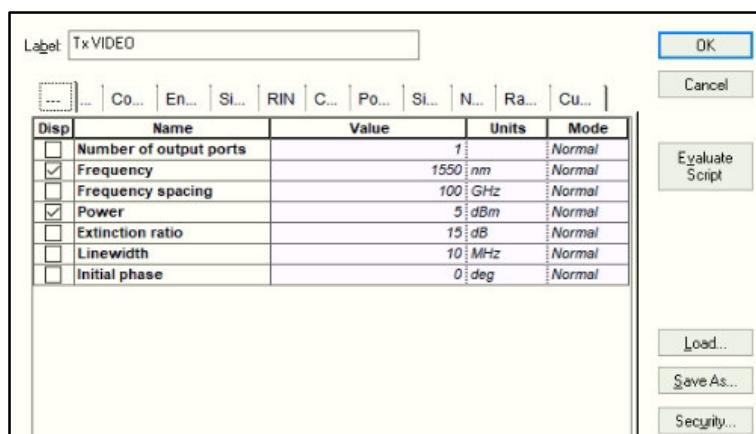


Figura 3.15 Configuración de componente WDM para transmisión video

En el multiplexor WDM, se configura las frecuencias de transmisión de las señales que van a ingresar al multiplexor, considerando las mismas frecuencias usadas en el transmisor, como se observa en la Figura 3.16

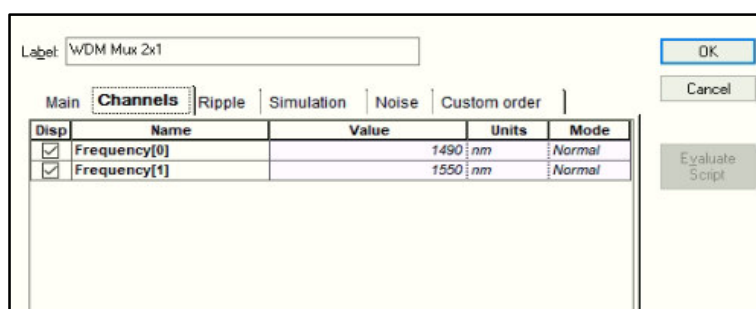


Figura 3.16 Configuración del Multiplexor 2x1 WDM

- **Receptor OLT**

Según se observa en la Figura 3.12, al receptor de la OLT llegan las señales ópticas emitidas por las diferentes ONTs, mediante el fotodetector APD, donde las señales ópticas se convierten a sus respectivas señales eléctricas, ver Figura 3.17. Además, comprende de un filtro pasa bajo *Bessel* con un valor de frecuencia de corte de 1866 (MHz), como se puede apreciar en la Figura 3.18, el cual permite eliminar componentes de alta frecuencia en estas señales.

Label: Cost\$:

Main | Downsampling | Noise | Random numbers

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input type="checkbox"/>	Gain	0.75		Normal
<input type="checkbox"/>	Responsivity	1	A/W	Normal
<input type="checkbox"/>	Ionization ratio	0.9		Normal
<input type="checkbox"/>	Dark current	10	nA	Normal

. **Figura 3.17** Configuración del Fotodetector APD

Label: Cost\$:

Main | Simulation

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input checked="" type="checkbox"/>	Cutoff frequency	1866	MHz	Normal
<input type="checkbox"/>	Insertion loss	3	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Depth	100	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Order	4		Normal

. **Figura 3.18** Configuración del Filtro *Bessel*

Finalmente se tiene al *Buffer selector* el cual recibe los datos y son almacenados conforme llegan a la OLT, como se puede ver en la Figura 3.19, las configuraciones se dejan por defecto.

Label: Cost\$:

Main | Simulation

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input checked="" type="checkbox"/>	Selection	Iterations-1	5	Script

Figura 3.19 Configuración del *Buffer Selector*

- **Configuración de parámetros de los componentes de la ODN**

En la ODN, se debe tener en cuenta que es la etapa donde se genera la mayor atenuación debido a todos los componentes pasivos que conforman esta red; de esta manera se debe verificar que la potencia que ingresa al receptor o detector óptico se encuentre entre los umbrales permitidos por el receptor ONT. Para la simulación de la etapa ODN se utilizaron los componentes: *optical attenuator*, *bidirectional optical fiber* y *1XN splitter bidirectional*, como se observa en la Figura 3.20.

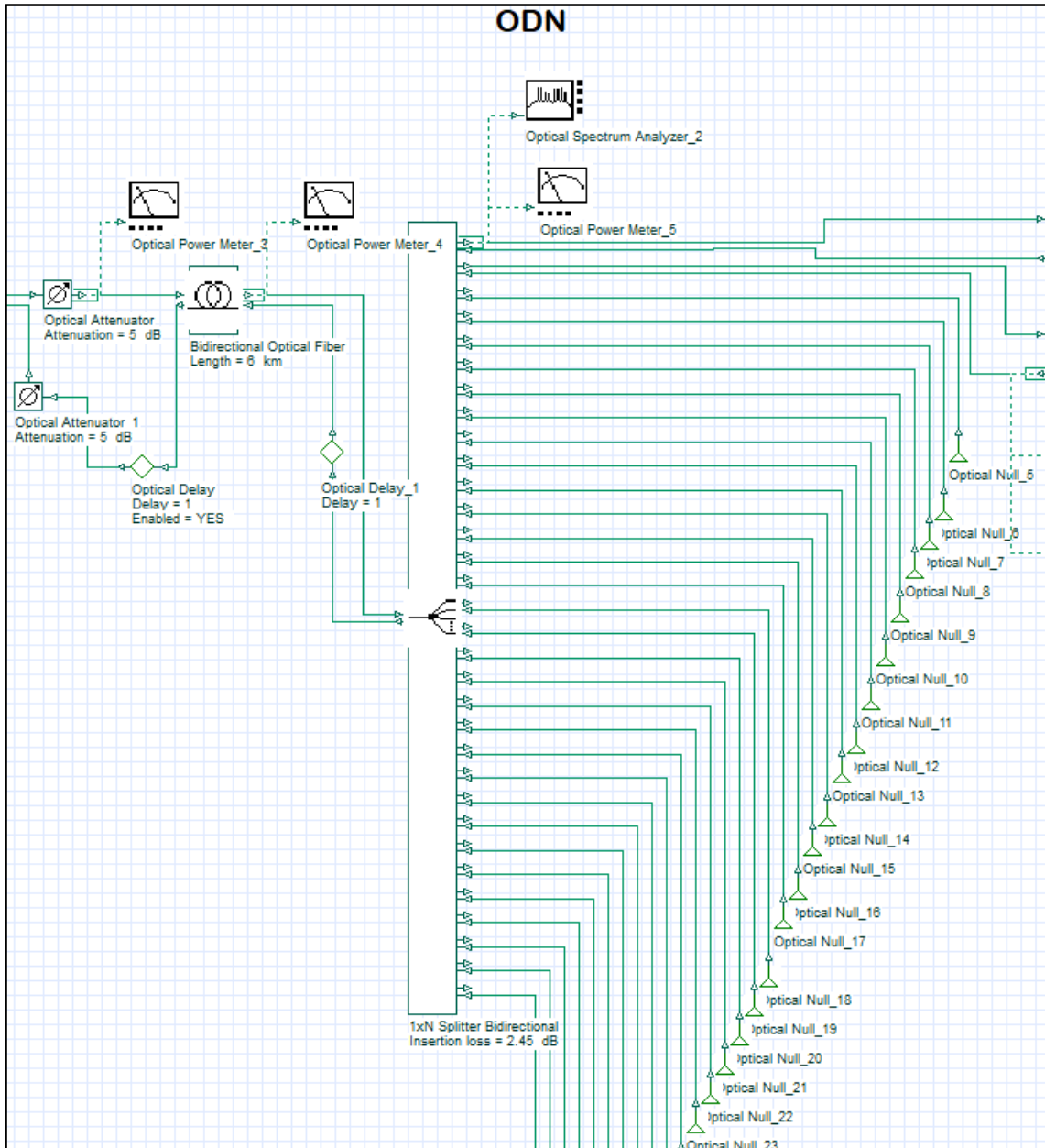


Figura 3.20 Etapa de la ODN en el *software Optisystem*

El atenuador óptico es el bloque donde se colocará las pérdidas correspondientes a los conectores ópticos y fusiones, previamente descritos en la Tabla 3.3. Se realiza la configuración del bloque con el parámetro de atenuación de 5(dB), como se muestra en la Figura 3.21.

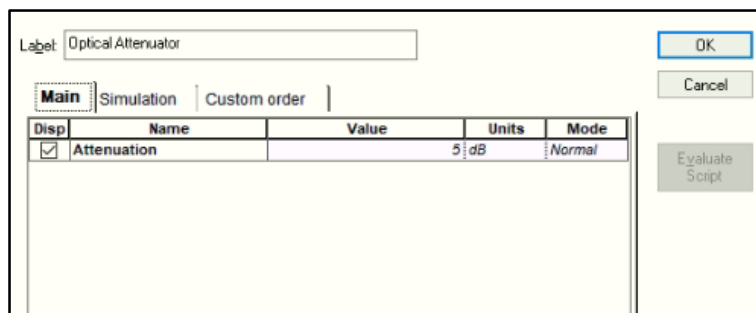


Figura 3.21 Configuración del atenuador óptico

Para la simulación del medio de transmisión, fibra óptica G.652D, se utilizó el bloque *bidirectional optical fiber*, en donde se modificó los parámetros de distancia y atenuación, que representa la distancia de la red *feeder* y la red de distribución; con una distancia aproximada de 6 (Km), la longitud de onda es de 1310 (nm) considerado previamente en la Tabla 3.3. Ver Figura 3.22.

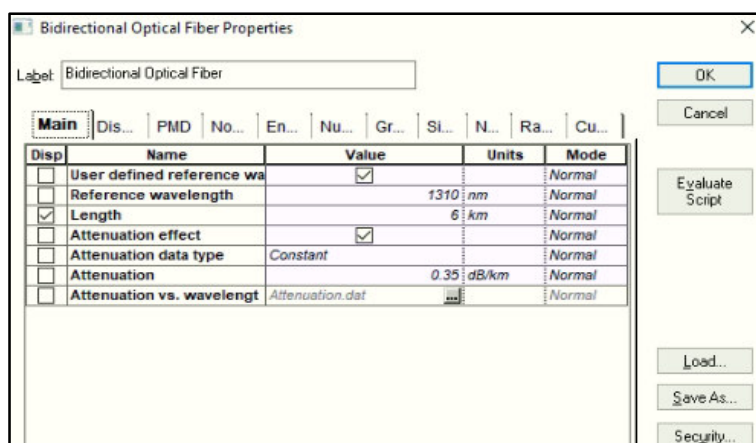


Figura 3.22 Configuración del componente fibra óptica bidireccional

En el *splitter bidirectional* se configura el número de puertos según el *splitter* a ser utilizado y la pérdida por inserción que genera este elemento [22].

Las pérdidas del *splitter*, se obtuvo que *Optisystem* calcula automáticamente un valor ideal en base al nivel de *splitter* colocado, *sin embargo*, es necesario llegar al valor de la pérdida total acorde a la recomendación G.984 de la ITU-T descrito en la Tabla 3.3.

En la simulación el nivel de *splitter* es de 1x32, de acuerdo a la etapa de diseño realizada, en la Tabla 1.1 se presenta el valor de pérdida de -17.50 (dB) y en el *software* al colocar el nivel de división con 32 puertos generó un valor de -15.05 (dB) siendo un valor menor al del estándar; con la explicación del párrafo anterior se debe compensar

con -2.45 (dB) calculado de la sustracción del valor ideal menos el valor del estándar y de esta forma compensar la diferencia como se muestra en Figura 3.23.

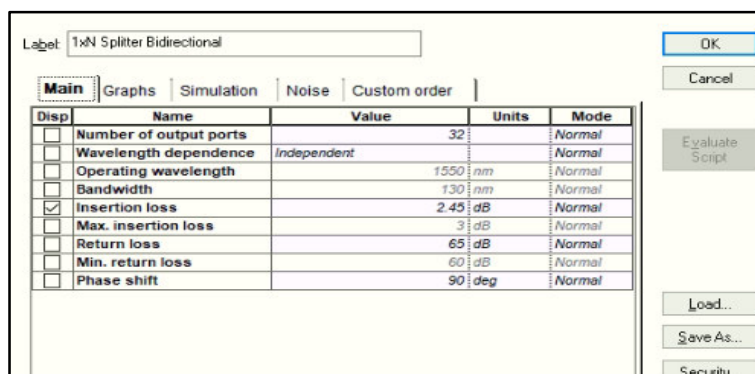


Figura 3.23 Configuración del *splitter bidirectional*

- **Configuración de parámetros de los componentes de la ONT**

Para realizar la configuración de la ONT se creó un subsistema mediante la función del *Optisystem* que permite reducir un diagrama a un bloque. Como se observa en la Figura 3.24.

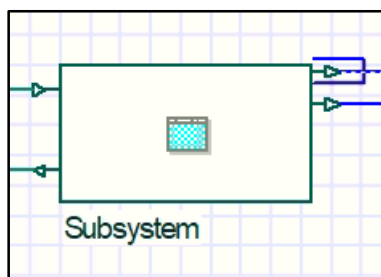


Figura 3.24 Subsistema de la ONT

Dentro del subsistema se encuentran los componentes para la simulación de recepción y transmisión de la señal en la ONT, como se observa en la Figura 3.25. Para la etapa de recepción se utilizó el componente WDM demultiplexor, ver Figura 3.26 cuyos valores están configurados por defecto, este permite recuperar la señal de voz, datos y video que está recibiendo del transmisor OLT. Además, se utilizaron los elementos como *photodetector* APD, ver Figura 3.27, cuyos valores están configurados por defecto, para convertir la señal óptica a eléctrica, componente *low pass Bessel filter*, ver Figura 3.28, que sirve para filtrar la señal y eliminar el ruido con un valor de corte de 1866 (MHz).

Para la etapa de transmisión de la ONT hacia OLT se utilizó un trasmisor WDM con una longitud de onda de 1310 (nm), utiliza un selector *Dynamic Y Select Nx1*, cuyos valores

están configurados por defecto, este bloque permitirá que la ONT envíe datos en una duración de tiempo específica para que estos no se superpongan. Ver Figuras 3.29 y 3.30.

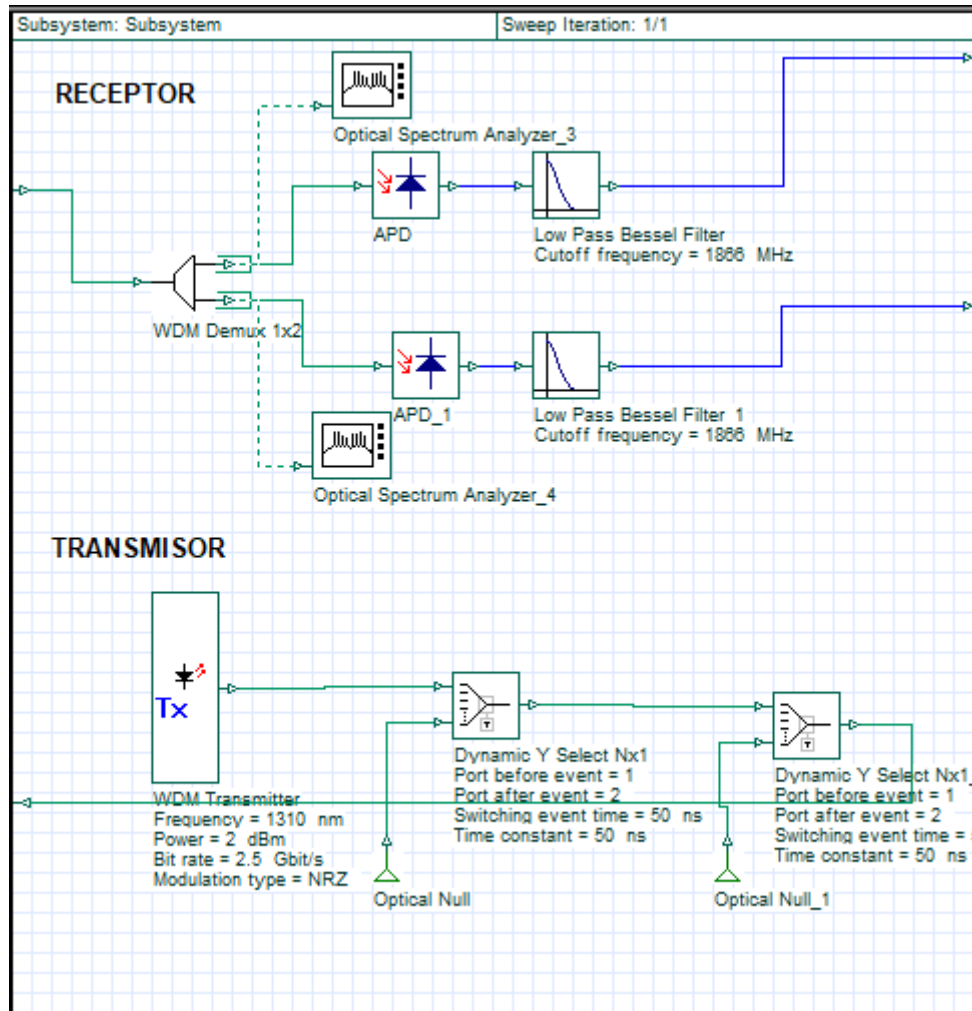


Figura 3.25 Etapa de la ONT en el software Optisystem

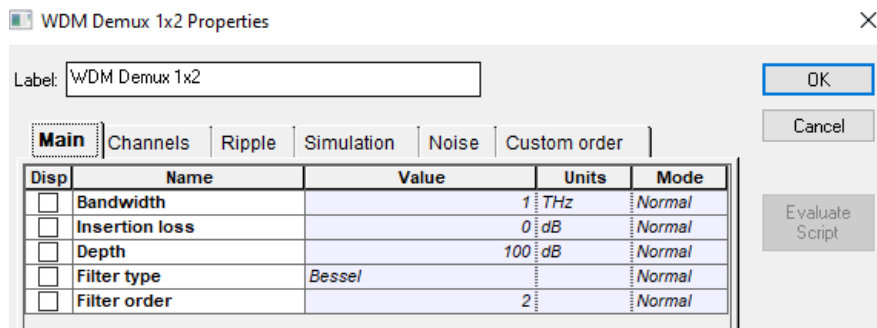


Figura 3.26 Configuración del WDM Demultiplexor

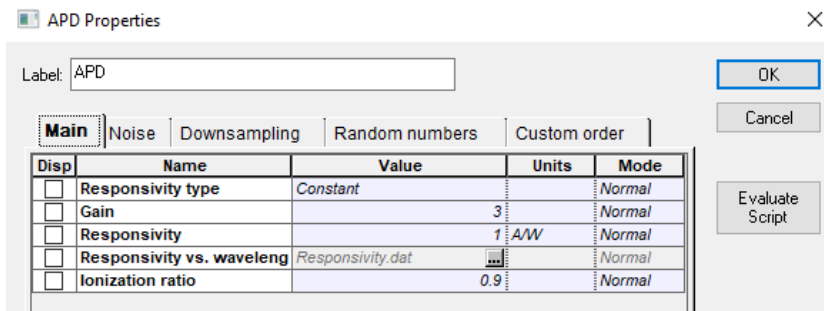


Figura 3.27 Configuración *photodetector* APD

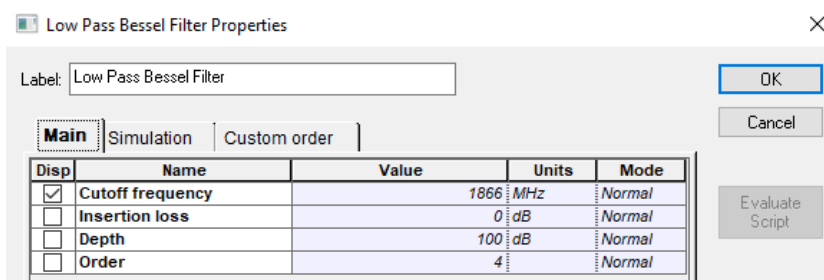


Figura 3.28 Configuración filtro pasa bajos

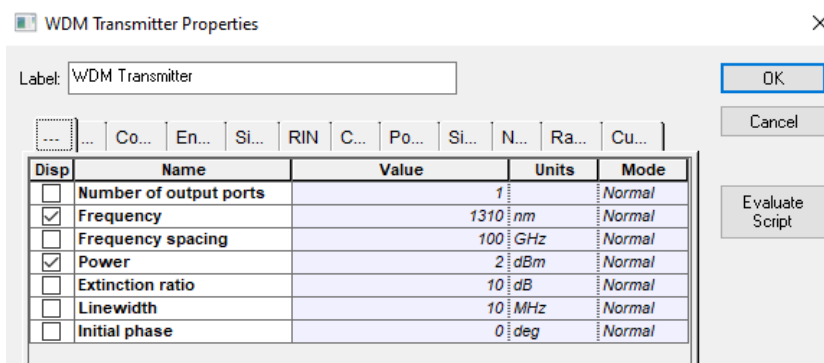


Figura 3.29 Configuración WDM *Transmitter* en la etapa de ONT

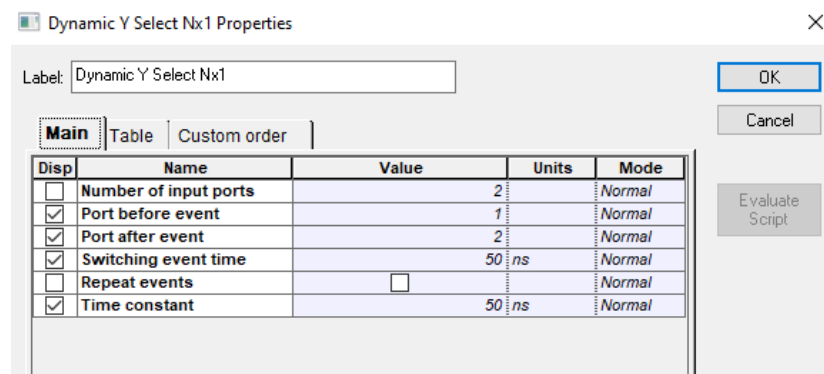


Figura 3.30 Configuración *Dynamic y Select Nx1*

- **Análisis de los resultados de la simulación**

Una vez configuradas las tres etapas de la red GPON: OLT, ODN y ONT, se procede a corroborar las pérdidas del enlace lo que permite verificar el Presupuesto de Potencias descrito en la sección 3.2, así mismo se procede a observar el espectro óptico y diagramas del ojo. Esto se lo realiza con diferentes componentes propios del *software Optisystem* para confirmar el adecuado desempeño de la red.

Se utiliza en primera instancia el componente *Optical Power Meter*, es un instrumento de medida que permite verificar la señal de potencia a la salida de los componentes del diagrama de la red GPON y su simbología se representa conforme se indica en la Figura 3.31.

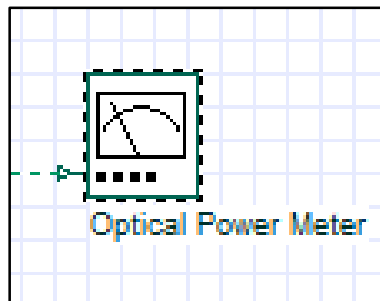


Figura 3.31 Simbología del *Optical Power Meter*

Para las dos señales del transmisor se configuró la potencia de salida de 5 (dBm) y al utilizar el *Optical Power Meter* se obtuvo el mismo valor de 2.12 (dBm) para los dos transmisores del OLT como se muestra en la Figura 3.32.



Figura 3.32 Medición realizada a la salida de los *WDM transmitter 1* y *2* de la OLT

Al utilizar el *Optical Power Meter*, después del multiplexor, se obtiene el valor de 5.054 (dBm), el cual es correcto ya que se están multiplexando las dos señales originadas en una sola como se muestra en la Figura 3.33.

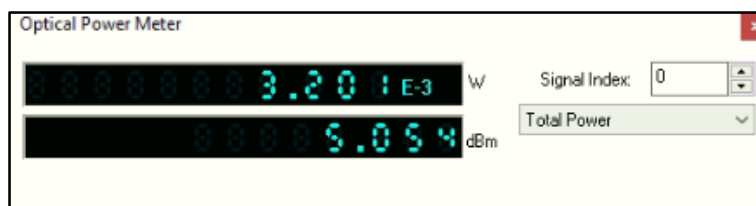


Figura 3.33 Medición realizada a la salida del Multiplexor 2x1

La siguiente medición se realizó a la salida del atenuador óptico, que representa a las pérdidas de los conectores y fusiones con un valor de -5 (dBm), y el resultado obtenido con el *Optical Power Meter* es de 0.054(dBm) según se observa en la Figura 3.34, y se encuentra correcto porque indica la resta del valor de entrada menos el valor del atenuador.

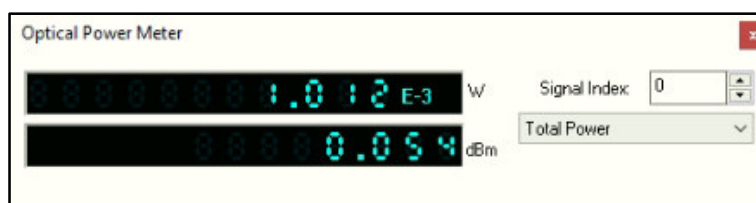


Figura 3.34 Medición realizada a la salida del atenuador óptico

Se procede a conectar otro *Optical Power Meter* en la salida de la fibra óptica (*Bidirectional Optical Fiber*) la cual provoca una pérdida de -2.1 (dB). El resultado al pasar por este elemento es de -2.045 (dBm), como se observa en la Figura 3.35, este valor indica la resta del valor de entrada menos el valor de pérdida de la fibra óptica.

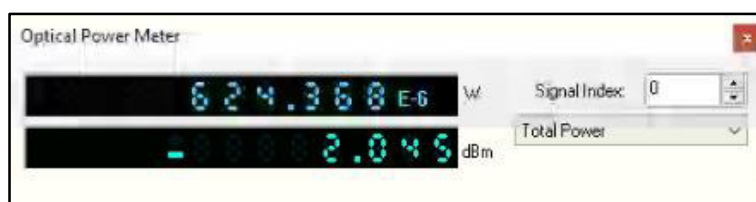


Figura 3.35 Medición realizada a la salida de la fibra óptica

Finalmente, se coloca otro *Optical Power Meter* a la salida del *splitter bidirectional* que tiene una pérdida de -17.50 (dB) según lo explicado en la configuración de este componente. El resultado obtenido al pasar por este elemento es de -19.547 (dBm), que será la potencia que llega al receptor de la ONT como se observa en la Figura 3.36, siendo el correcto porque indica la resta del valor de entrada menos el valor del *splitter*. Se verifica también que el ONT puede recibir correctamente a la señal debido a que

la Sensibilidad Mínima del mismo es de -27 (dBm), valor umbral de la ONT detallado en el Presupuesto óptico. Así mismo con este resultado se verifica que la atenuación total en el enlace es de -24.547 (dBm) valor igual al obtenido en la Tabla 3.3 que fue de -24.60(dBm).



Figura 3.36 Potencia recibida en la ONT

En otro contexto, para observar la señal de salida de los transmisores WDM TX VOZ/DATOS y del WDM TX VIDEO (*downstream*) en la etapa de Transmisor OLT se utilizó el analizador de espectro para verificar su comportamiento. Para la señal de voz y datos la longitud de onda es 1490 (nm) y su espectro se aprecia en la Figura 3.37 y para la señal de video la longitud de onda es 1550 (nm) y su espectro se aprecia en la Figura 3.38.

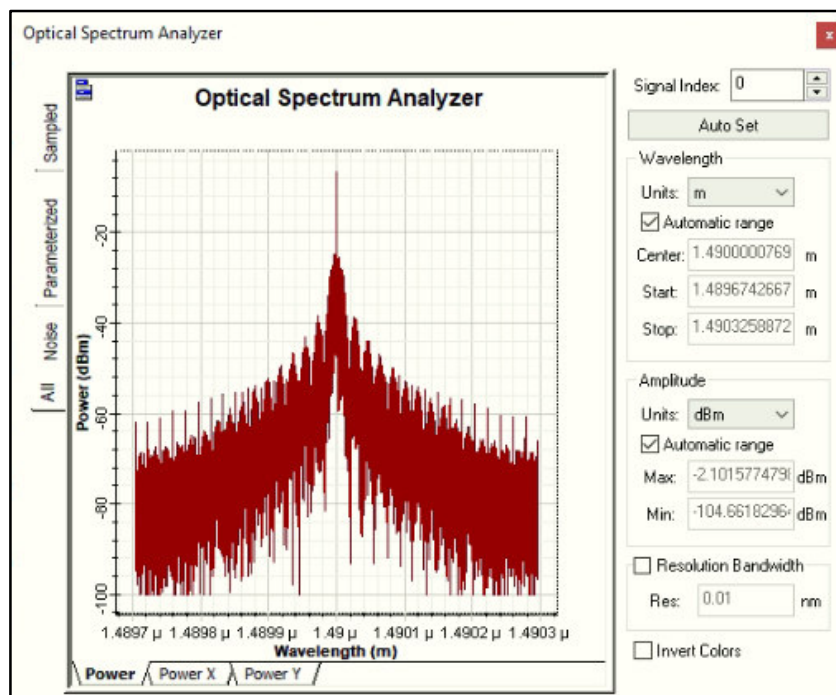


Figura 3.37 Analizador de espectro con la señal de voz y datos *downstream*

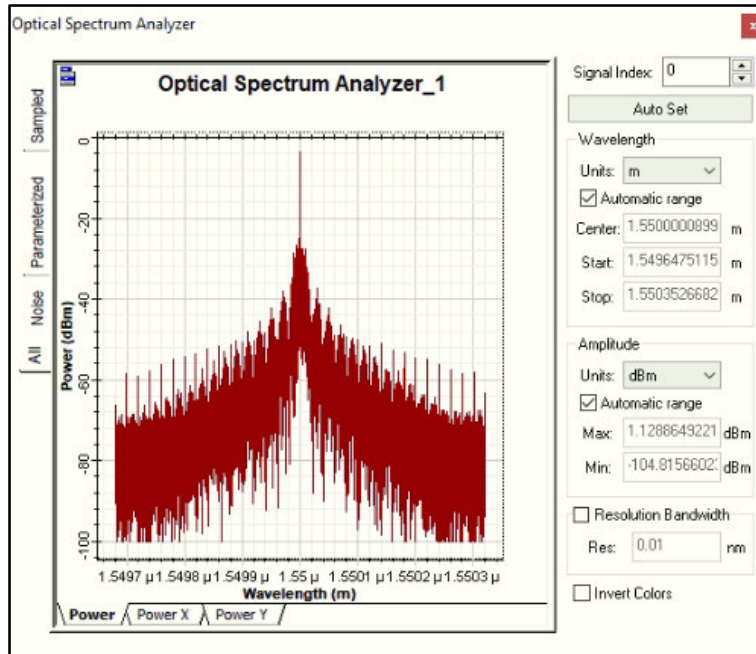


Figura 3.38 Analizador de espectro con la señal de video en *downstream*

A continuación, se presenta el diagrama obtenido por el analizador del espectro después de la ONT donde se recupera señal que fue transmitida desde la OLT, para las señales de Voz/Datos con el valor 1490 (nm) según se observa en la Figura 3.39, y la señal de video con el valor de 1550 (nm), según se aprecia en la Figura 3.40.

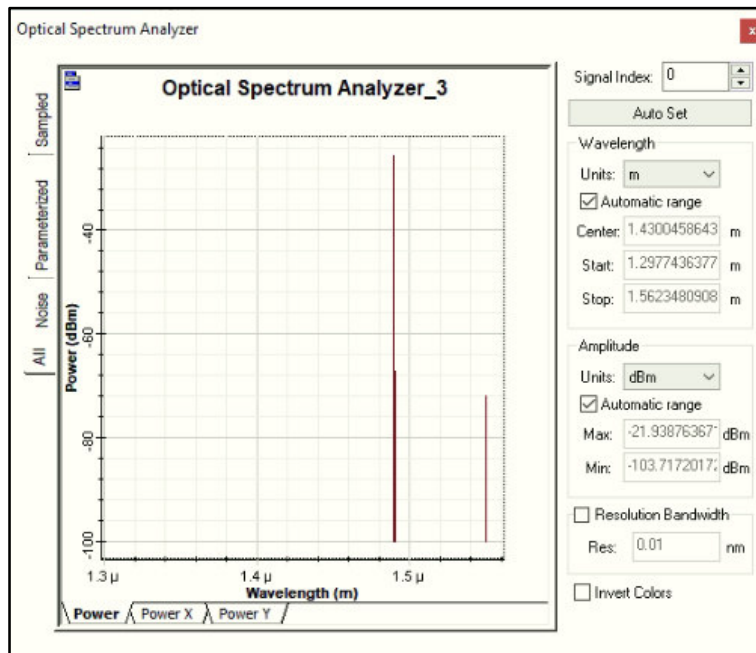


Figura 3.39 Analizador de espectro al final de la ONT para Voz/Datos

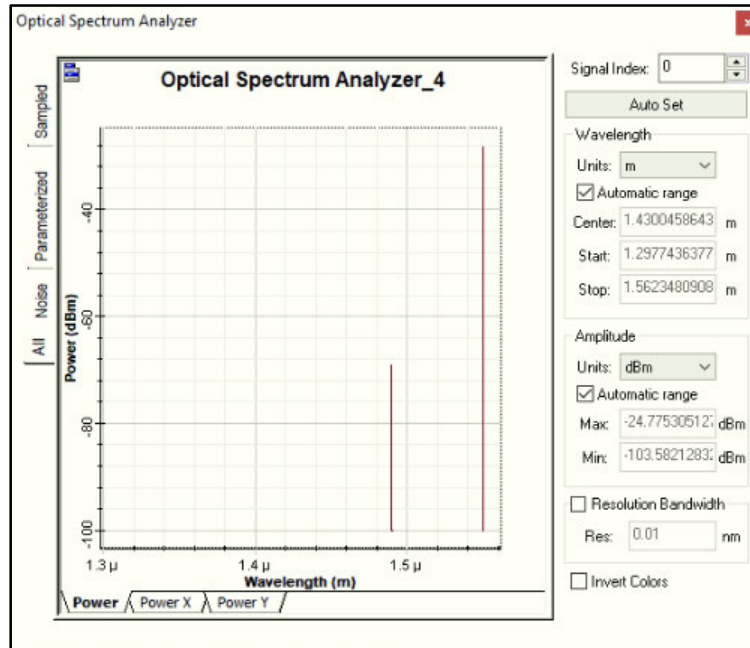


Figura 3.40 Analizador de espectro al final de la ONT para Video

Por último, se utiliza el componente *BER Analyzer*, el *Bit Error Ratio* (BER) o razón de bits erróneos es una medida cuantitativa de extremo a extremo que evalúa la calidad de información recibida, es la relación del número de bits de error con el número total de bits que se transmiten en un período de tiempo. En el cual, si se aumenta el número de bits con error, la calidad de la señal se reducirá hasta que no sea posible descifrar el mensaje. Poniendo un ejemplo y cumpliendo con el estándar, para una red GPON el BER es de 10^{-10} lo cual significa que ha llegado 1 bit erróneo de 10000 millones de bits transmitidos [23].

El diagrama de ojo muestra las distintas combinaciones posibles de 0 a 1 en un rango de tiempo o cantidad de bits determinados de la señal que se transmite o se propaga por la fibra óptica. Para verificar la calidad de transmisión en un diagrama de ojo se tienen que a una apertura mayor indica alta tolerancia al ruido o una mejor sensibilidad del receptor.

El uso de factor de calidad (factor Q) proporciona un aproximado del comportamiento del sistema cuando se tiene pérdidas por efectos de distorsión, efectos no lineales y ruido de amplificación.

Para el escenario de simulación en la etapa del Receptor ONT, mediante la herramienta de *Ber Analyser* se puede obtener la Figura 3.41 señal recibida por la ONT y Figura 3.42 que es el diagrama de ojo de la misma en donde a una distancia de 6(Km) se obtiene

un Factor Q igual a 20.7908 y un mínimo de BER igual 2.59483e-096 que es muy cercano a cero lo que quiere decir que se generan cero bits errados la transmisión.

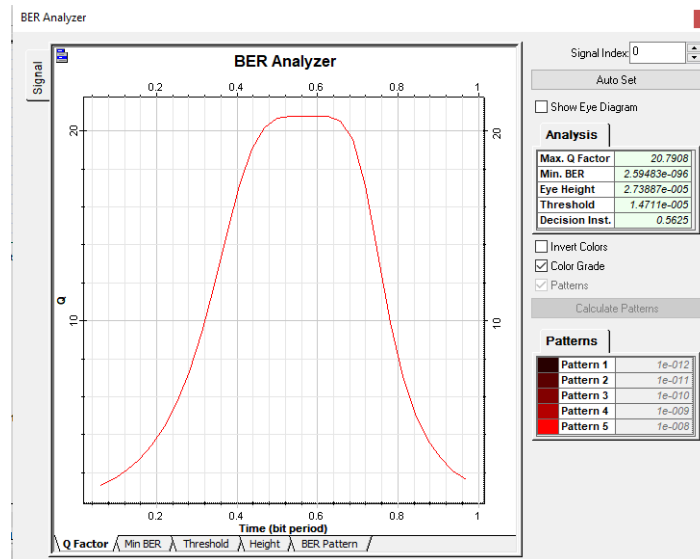


Figura 3.41 Prueba de BER, señal recibida por la ONT

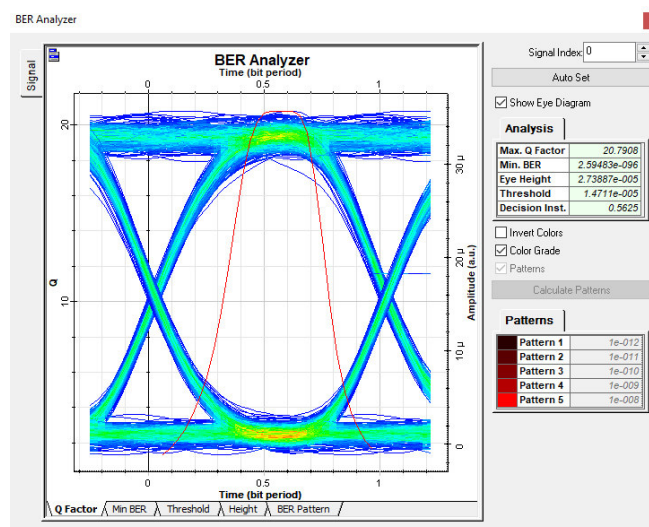


Figura 3.42 Prueba de BER, diagrama de ojo

Para realizar la simulación de la señal de subida y bajada se utilizó un circulador óptico bidireccional, cuyo funcionamiento es separar las señales ópticas que viajan en sentidos diferentes y nos permite recuperar la señal de transmisión desde la ONT hacia la OLT en la longitud de onda de 1310(nm), este dispositivo solo es requerido en la simulación y no forma parte de la arquitectura de la red GPON.

Con lo mencionado anteriormente se puede obtener la Figura 3.43, la señal recibida desde la ONT hacia la OLT a una distancia de 6(Km) se obtiene un Factor Q igual a 14.5321 y un mínimo de BER igual 3.52099e-048 que es muy cercano a cero lo que significa que se generan cero bits errados a la transmisión en la etapa de *Upstream*.

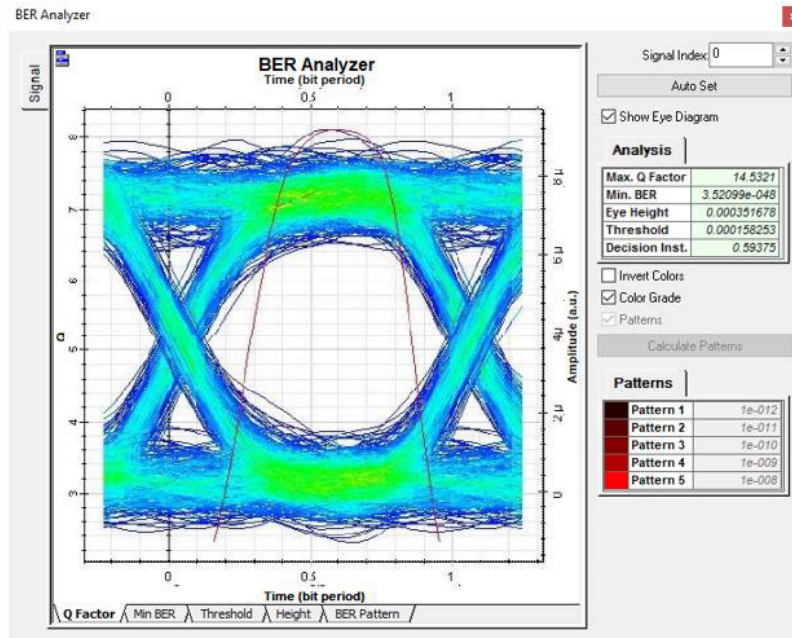


Figura 3.43 Prueba de BER, diagrama de ojo recepción OLT

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Los estándares ITU, tienen recomendaciones para el diseño e implementación de las redes GPON y para el cálculo del presupuesto óptico, asignando rangos máximos y mínimos de pérdidas según la distancia máxima permitida en un enlace de fibra óptica.
- La CNT EP trabaja el presupuesto óptico de máximo 25 (dB), valor que se encuentra en el rango que recomienda la ITU que es 28 (dB), a una distancia máxima de 20 (km) desde el equipo activo OLT hasta la ONT.
- La principal ventaja de las redes PON es el uso de los *Passive Optical Splitter* (POS), lo que indica que con un hilo *feeder* se puede brindar el servicio en una red GPON hasta 64 usuarios, lo que permite reducir la cantidad de fibra, puertos en la OLT y equipamiento pasivo para la planta externa.
- Para la acometida de dispersión no se debe superar los 300 metros, considerando desde el conector mecánico en la NAP hasta la roseta final donde se conectará la ONT, incluyendo la reserva de los 15 metros en la salida de la NAP que se la utiliza para instalaciones subterráneas y reservas técnicas necesarias para mantenimientos o inconvenientes físicos causados por problemas naturales o humanos.
- Al momento de calcular el número de hilos *feeder* se debe considerar que máximo se puede realizar dos niveles de *splitter* (primario y secundario) y en los empalmes se debe evitar en lo posible usar conectores, porque aumenta los niveles de atenuación y se degradan en un menor tiempo por factores externos como condiciones climáticas, a diferencia de una fusión que su nivel de atenuación es mínimo y tiene menor degradación.
- En la acometida del cliente final se debe tener máximo dos fusiones, que corresponde una al armario FDH y la otra en la roseta óptica, además se debe realizar una correcta conectorización para mantener una calidad de transmisión y confiabilidad del enlace con lo cual se reducen los costos de mantenimientos correctivos.
- La infraestructura civil que diseña e implementa la CNT EP, también puede ser utilizada por otro proveedor que brinde el servicio por fibra óptica, basado en la

resolución 0807-ARCOTEL-2017 de la norma técnica para uso compartido de infraestructura.

- La CNT EP al disponer de un catálogo extenso de elementos pasivos y activos homologados, facilita la elección de los materiales y permite seleccionar los elementos óptimos para lograr un conveniente presupuesto financiero.
- Mediante el *software Optisystem* se verificó en un ambiente de simulación que los valores del presupuesto óptico teóricos calculados se encuentran correctos, verificando que no hubo degradación de la señal de salida desde la OLT con respecto a la señal recibida en la ONT; además permitió el análisis del diagrama de ojo, la tasa de BER y visualizar señales mediante el analizador de espectro más allá del balance de potencia cuyos valores obtenidos se encuentran dentro de la normativa ITU-T y CNT-EP.

4.2 Recomendaciones

- En Ecuador es necesario que se realice un seguimiento más significativo en cuanto a normativas y estándares que regulan a todas las empresas de telecomunicaciones para que exista una equidad para la construcción de red de fibra óptica de manera que se garantice la calidad de servicio para el usuario final, sin existir competencia desleal entre operadoras.
- Al trabajar con fibra óptica se debe tener cuidado al momento de ser manipulada desde el transporte, almacenaje e instalación, porque sus componentes internos pueden afectarse y esto ocasionaría pérdidas en los enlaces de fibra óptica.
- Si en la simulación realizada se verifica que los resultados no son los adecuados, para el funcionamiento de la red, es necesario revisar tanto el proceso de diseño teórico como la configuración de los componentes utilizados en el diagrama simulado.
- Se recomienda experimentar con el *software Optisystem*, sobre los sistemas diseñados con diferentes técnicas de acceso al medio y validar la selección de posibles técnicas que permitan conocer el mejor desempeño en los sistemas ópticos.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Prat, Next-generation FTTH passive optical networks., BARCELONA: Spirit, 2008.
- [2] K. Iniewski, Convergence of mobile and stationary next-generation networks, Canada: Wiley, 2011.
- [3] M. AL-KHATIB y M. S. ALAM, IPTV multimedia networks: concepts, developments, and design, Chicago: IEC, 2007.
- [4] J. M. H. Moya, Telecomunicaciones. Tecnologías, Redes y Servicios. 2ª edición actualizada (Vol. 13), Madrid: RA-MA, 2014.
- [5] L. A. Lamingo Cedeño y J. I. I. Bravo Landi, «Diseño y prototipo de una Red de Planta Externa de Fibra Óptica GPON para Proporcionar el Servicio de Datos en la Urbanización "El Porton de Beata Mercedes Molina",» Repositorio Universidad de Guayaquil , 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19835>. [Último acceso: 01 06 2021].
- [6] R. L. Andagoya Guerrero y L. G. Oñate Cadena, «Análisis y diseño de la red FTTH para la urbanización privada Jardines de Amagásí,» Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana, 09 2017. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14616>. [Último acceso: 2021 06 01].
- [7] CNT, *Normativa técnica de diseño y normativa técnica de diseño y interna GPON FTTH en edificios y urbanizaciones.*, Quito, 2015.
- [8] EXFO, «Guía FTTH-PON, Realización de Pruebas de redes opticas pasivas,» 2012. [En línea]. Available: https://www.exfo.com/en/?gclid=EAlaIQobChMlqq7HoPOU8QIVk-yGCh2ERQMgEAAYASAAEgJL1vD_BwE. [Último acceso: 2021 06 01].
- [9] C. Figueroa y F. Samaniego, «REDES DE FIBRA OPTICA,» BLUE IT, 2020. [En línea]. Available: <https://blueit.com.ec/>. [Último acceso: 01 06 2021].

- [10] Optytech, «Mangas de Fibra Óptica,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/mangas-de-fibra-optica.html>. [Último acceso: 19 08 2021].
- [11] Zion, «Dieléctricos y autosoportados (ADSS),» 2021. [En línea]. Available: <https://www.zion-communication.com/Diel-ctricos-y-autosoportados-ADSS-Doble-Cubierta-PE-Cables-LOOSE-TUBE-totalmente-Para-instalaci-n-a-rea-De-6-a-60-bras-5tubos-1Central-pd96027026.html>. [Último acceso: 2021].
- [12] I. Multiservicios, «Innovat,» 2021. [En línea]. Available: <https://innova-t.com.ec/>. [Último acceso: 11 28 2021].
- [13] Corporación Nacional Telecomunicaciones, *Instructivo para el diseño de canalización para el tendido de redes de distribución GPON FTTH*, Quito, 2014.
- [14] CNT, «Instructivo para el diseño de canalización interna para el tendido de canalización interna para el tendido de redes de distribución GPON FTTH en edificios y urbanizaciones,» CNT, 05 2014. [En línea]. Available: <https://institucional.cnt.com.ec/especificaciones-tecnicas>. [Último acceso: 2021 06 01].
- [15] I.-T. G.652, «TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS,» 11 2016. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/es>. [Último acceso: 18 07 2021].
- [16] ITU-T, «Characteristics of a bending-loss insensitive,» ITU-T, 11 2016. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-201611-I/es>. [Último acceso: 15 06 2021].
- [17] A. V. Pardo Ríos y B. D. Santos Suárez, «Diseñar e implementar una red GPON y arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A, en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones,» 18 08 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/5360>. [Último acceso: 07 09 2021].
- [18] CNT, *Normas De Construcción De Planta Externa Con Fibra Óptica ODN*, Quito, 2015.

- [19] CNT, *Norma Técnica para Dibujo Georeferenciadas de redes para planta externa*, Quito, 2015.
- [20] INEC, «Instituto Nacional de Estadísticas y Censos,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>. [Último acceso: 19 08 2021].
- [21] CNT, *Normativa Técnica de diseño de planta externa con fibra óptica ODN*, Quito, 2015.
- [22] CNT, «Descarga de Especificaciones Técnicas,» 07 07 2021. [En línea]. Available: <https://institucional.cnt.com.ec/especificaciones-tecnicas>. [Último acceso: 18 07 2021].
- [23] Optiwave, «OptiSystem Overview,» 2018. [En línea]. Available: <https://optiwave.com/optisystem-overview/>. [Último acceso: 10 08 2021].
- [24] G. K. & C. A. Cevallos Salazar, «Diseño y Simulación de una red de acceso para brindar servicios Triple Play con tecnología FTTx en el centro de la ciudad de Ambato,» EPN, 2014. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7343>. [Último acceso: 01 08 2021].

ANEXOS

**ANEXO 1: IMPLANTACIÓN GENERAL CONJUNTO
RESIDENCIAL TOLEDO**

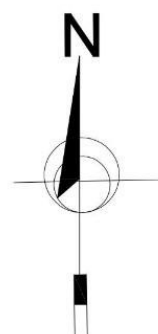


UREANIZACION



TOLEDO

IMPLANTACIÓN GENERAL

ANEXO 2: CANALIZACIÓN DE ACOMETIDA



SIMBOLOGIA

-  Cajetin 10x10x5cm
-  Triducto PVC 51mm
-  Caja para FDH 60x70x27 cm
-  Pozo de mano 60x60x60cm
-  Canalizacion 1 vía manguera 51mm
-  Subida a poste (Fibra óptica)
-  Poste de hormigon 12m
-  Canalizacion 1 vía manguera 19mm

URBANIZACION:


TOLEDO

CANALIZACIÓN

ANEXO 3: DISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN



SIMBOLOGIA

 Armario FDH con splitters de 1:32

 Splitter 1:32

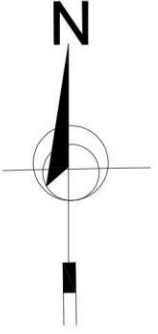
 Cable Canalizado G.652D 12 hilos

URBANIZACION:





TOLEDO

RED DE DISTRIBUCION

ANEXO 4: DISEÑO RED DE DISPERSIÓN



SIMBOLOGIA

- 
Armario FDH con splitters de 1:32
- 
Splitter 1:32
- 
Cable Drop Canalizado G.657A 2 hilos
- 
Roseta óptica

URBANIZACION: **TOLEDO**

RED DE DISPERSION

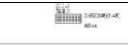

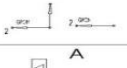
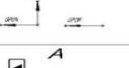


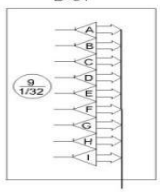
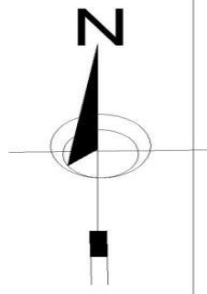




ANEXO 5: SIMBOLOGÍA PLANTA EXTERNA GPON

SIMBOLOGIA DE PLANTA EXTERNA

3ra. REVISIÓN

Realizado por: Ing. Julio Sosa
 Colaboración: Sr. Fernando Vieg
 Revisión: Ing. Alexander Cruz

DESCRIPCIÓN	PROYECTADO	EXISTENTE
RACK DE PISO 9"x20"		
OLT DE DISTRIBUIDOR		
ARMARIO FTTH		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA AÉREA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DOBLE CONECTOR		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DE PISO		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA SUBTERRÁNEA		
EDIFICIO CON RED GPON		
EMPALME DE FIBRA		
EMPALME DE FIBRA Y SPLITTER		
FIBRA ÓPTICA		
ONT (ABONADO)		
ROSETA ÓPTICA		
SPLITTER DE UNA ENTRADA		
SPLITTER DE DOS ENTRADAS		
HILOS DE RESERVA DE FIBRA		

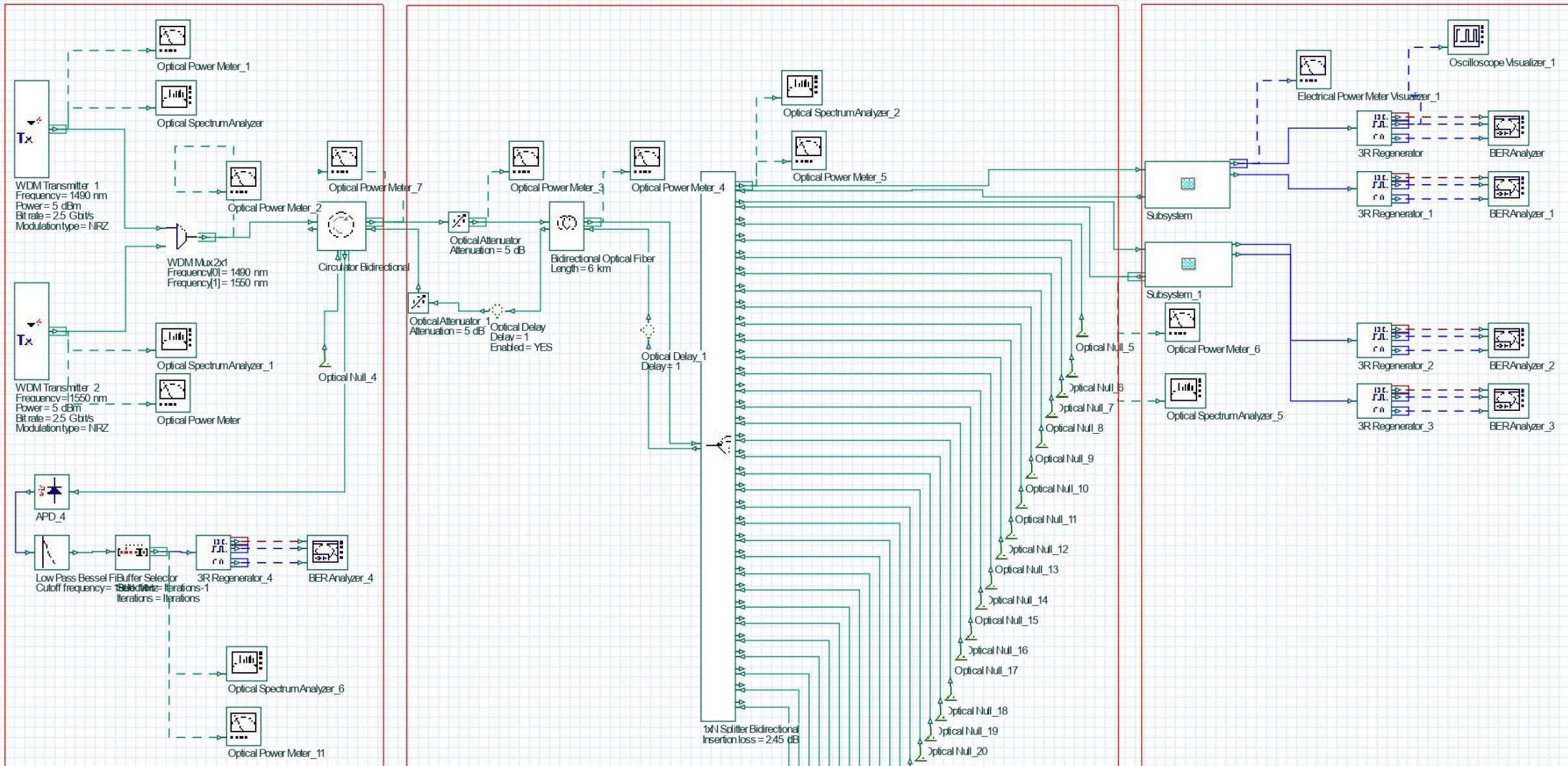
ODF-CON SPLITTER REDES GPON		
ESTRUCTURA POZO	HP	HP
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA ADOSADA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA MINIPOSTE		
TRANSFORMADOR AEREO		
HERRAJE DE RETENSION DE FIBRA GPON	Rf	Rf
HERRAJE CRUCE AMERICANO GPON 2 EXTENSION Y 1 EXTENSION		
ESQUEMA ARMARIO GPON	A	A
OCUPACIÓN MONODUCTO CANALIZACION EXISTENTE		
OCUPACIÓN BIDUCTO CANALIZACION EXISTENTE		
EMPALME DE FIBRA DE DISTRIBUCION SALIDA DEL ARMARIO		
MANGUERA CORRUGADA	Mc	Mc
CAJA TERMINAL FIBRA OPTICA		
ARMARIO FTTH 288C PARA ESQUEMATICO		
NORTE		
POSTE FIBRA DE VIDRIO		
ODF OLT		

ANEXO 6: DIAGRAMA DE SIMULACIÓN DE LA RED GPON

OLT

ODN

ONT



ANEXO 7: DATASHEETS DE LOS ELEMENTOS DE LA RED

https://1drv.ms/u/s!Ak9SXx-aFhBSmmZ0BjEh-bEA9A_z?e=Buc1Tq