



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

**“DISEÑO DE UNA RED DE ACCESOS GPON EN LA ESPOCH
PARA PROVEER SERVICIOS TRIPLE-PLAY (VOZ, VIDEO Y
DATOS)”**

Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico de:
**INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTORA: HIPATIA TERESA ILBAY YUPA

TUTOR: ING. OSWALDO MARTINEZ

Riobamba-Ecuador

2016

©2016, Hipatia Teresa Ilbay Yupa

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

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación “DISEÑO DE UNA RED DE ACCESOS GPON EN LA ESPOCH PARA PROVEER SERVICIOS TRIPLE-PLAY (VOZ, VIDEO Y DATOS)”, de responsabilidad de la Srta. Hipatia Teresa Ilbay Yupa, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Gilberto Luna Encalada DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Franklin Moreno DIRECTOR DE LA ESCUELA DE ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES
Ing. Oswaldo Martínez DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Vinicio Ramos MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Hipatia Teresa Ibay Yupa, soy la responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Hipatia Teresa Ibay Yupa

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi Dios todo poderoso quien ha estado a mi lado siempre, por ser mí guía, por todas sus bendiciones y enseñanzas, sin él nada sería posible.

A mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por la motivación constante, pero, sobre todo por su gran amor. A mi padre porque me enseñó que hay que “mirar alto y lejos” para alcanzar el éxito.

Hipatia

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por su gran amor y por darme las fuerzas necesarias para vencer cualquier obstáculo. A mis padres quienes me dieron la vida, su apoyo y consejos.

A mi director de tesis el Ing. Oswaldo Martínez por su valiosa guía y asesoramiento en este camino para lograr la culminación de este trabajo con éxito. A Fernando Gómez por ayudarme en este proceso con sus conocimientos y experiencias profesionales.

A un gran amigo, Félix Bernal por estar siempre dispuesto a escucharme y darme ánimos para seguir adelante, gracias por tus consejos y por confiar siempre en mí. De igual manera a mi novio gracias por toda tu ayuda y por animarme a seguir siempre adelante.

Hipatia

TABLA DE CONTENIDO

DERECHOS DEL AUTOR.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes.....	2
Justificación del Trabajo de Titulación.....	2
<i>Justificación Teórica.....</i>	<i>2</i>
<i>Justificación Aplicativa.....</i>	<i>3</i>
Objetivos:.....	4
<i>Objetivo General:</i>	<i>4</i>
<i>Objetivos Específicos:</i>	<i>4</i>
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	5
1.1 Sistemas de comunicaciones ópticas	5
<i>1.1.1 Arquitectura de los sistemas de comunicaciones ópticas.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.1.1 Sistemas analógicos.</i>	<i>5</i>
<i>1.1.1.2 Sistemas digitales.</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2 Técnicas de multicanalización.</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2.1 Multicanalización por división de tiempo.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2.2 Multicanalización por división en longitud de onda.....</i>	<i>7</i>
1.2 Fibra óptica.....	7
<i>1.2.1 Componentes de la fibra óptica.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.1.1 Núcleo.</i>	<i>7</i>
<i>1.2.1.2 Revestimiento.</i>	<i>8</i>
<i>1.2.1.3 Cubierta protectora.....</i>	<i>8</i>

1.2.2	Modos de propagación	8
1.2.2.1	Multimodo.	8
1.2.2.2	Monomodo.	9
1.2.3	Clasificación por su índice de refracción.....	9
1.2.3.1	Fibra Óptica de índice escalonado.....	9
1.2.3.2	Fibra Óptica de índice gradual.....	10
1.2.4	Tipos de cable	10
1.2.4.1	Cable Figura en 8.	10
1.2.4.2	Cable Blindado.....	10
1.2.4.3	Cable de estructura holgada.....	10
1.2.4.4	Cable aéreo autoportante	11
1.2.4.5	Cable submarino	11
1.2.5	Factores que afectan las comunicaciones ópticas	11
1.2.5.1	Atenuación.....	11
1.2.5.2	Dispersión.	11
1.2.5.3	Macro doblajes.....	12
1.2.5.4	Micro doblajes.	12
1.2.6	Elementos de unión e interconexión	13
1.2.6.1	Conectores.....	13
1.2.6.2	Patch cord.	13
1.2.6.3	Pigtail.....	14
1.2.7	Empalmes.	14
1.2.7.1	Por fusión.....	15
1.2.7.2	Mecánico.	15
1.2.7.3	Por adhesión.	15
1.2.8	Mangas de conexión.....	15
1.2.9	Herrajes	15
1.2.10	Redes de comunicación por fibra óptica	16
1.3	Redes PON.....	16
1.3.1	Tipos de redes pon.....	17
1.3.1.1	APON (ATM Passive Optical Network).....	17
1.3.1.2	BPON (Broadband PON).....	17
1.3.1.3	GPON (Gigabit PON).....	17
1.3.1.4	EPON (Ethernet PON).....	18
1.4	Gigabit Pasive Optical Network (GPON)	18
1.4.1	Definición de GPON.....	18

1.4.2	Características del estándar GPON	18
1.4.3	Normativas técnicas UIT G.984.X	19
1.4.3.1	Norma UIT-T G.984.1.....	19
1.4.3.2	Norma UIT-T G.984.2.....	19
1.4.3.3	Norma UIT-T G.984.3.....	20
1.4.3.4	Norma UIT-T G.984.4.....	20
1.4.3.5	Norma UIT-T G.984.5.....	20
1.4.5	Protocolos utilizados en redes GPON	20
1.4.5.1	TDM (Time Division Multiple Access).....	20
1.4.5.2	TDMA (Time Division Multiple Access)	21
1.4.6	Arquitectura una red GPON	21
1.4.6.1	OLT (Terminación de Línea Óptica).....	21
1.4.6.2	ODN (Red de distribución óptica)	22
1.4.6.3	ONT (Terminal de Red Óptica).....	22
1.4.6.4	ONU (Unidad de Red Óptica).....	23
1.5	Redes FTTx	23
1.5.1	FTTC	24
1.5.2	FTTB	24
1.5.3	FTTH.....	24
1.5.4	FTTN	24
1.5.5	FTTE	25
1.5.6	FTTP.....	25
1.5.7	FTTD	25
1.5.8	FTTA	25
1.6	Servicio triple play	27
1.6.1	Definición	27
1.6.2	Descripción de los servicios	27
1.6.2.1	Internet.....	28
1.6.2.2	Voz.....	28
1.6.2.3	Vídeo.	28

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO	30
2.1 Metodología de investigación	30
2.1.1 Tipos de investigación	30
2.1.1.1 Investigación Bibliográfica.....	30
2.1.1.2 Investigación Descriptiva.....	30

2.1.1.3	<i>Investigación de campo</i>	31
2.1.2	Métodos de investigación	31
2.1.3	Técnicas	31
2.1.3.1	<i>Entrevista</i>	31
2.1.3.2	<i>Revisión de Registros</i>	32
2.1.3.3	<i>Observación</i>	32
2.2	Metodología del diseño de la red GPON	32
2.2.1	<i>Situación actual de la red existente en la ESPOCH</i>	33
2.2.2	<i>Estudio de la demanda institucional</i>	33
2.2.3	<i>Dimensionamiento de la red</i>	40
2.2.4	<i>Determinación del tipo de arquitectura a utilizarse</i>	41
2.2.5	<i>Determinación del Ancho de Banda</i>	42
2.2.5.1	<i>Ancho de banda del primer nivel de splitter</i>	42
2.2.5.2	<i>Ancho de banda del segundo nivel de splitter</i>	43
2.2.6	<i>Diseño lógico de la red GPON</i>	44

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS	48
3.1 Diseño físico de la red de acceso GPON en la ESPOCH	48
3.1.1 <i>Red Feeder</i>	48
3.1.2 <i>Red de Distribución</i>	49
3.1.3 <i>Red de Dispersión</i>	51
3.1.4 <i>Red de canalización</i>	52
3.1.5 <i>Presupuesto óptico</i>	53
3.1.5.1 <i>Usuario más cercano</i>	54
3.1.5.2 <i>Usuario más lejano</i>	55
3.1.6 <i>Equipos Activos para la red GPON</i>	56
3.1.6.1 <i>Huawei</i>	56
3.1.6.2 <i>Telnet</i>	59
3.1.6.3 <i>D-Link</i>	61
3.1.7 <i>Selección de la mejor alternativa de Equipos</i>	63
3.1.8 <i>Cálculo del balance de potencias para los equipos seleccionados</i>	64
3.2 Simulación y resultados	65
3.2.1 <i>Simuladores de redes ópticas</i>	65
3.2.1.1 <i>OptSim</i>	65
3.2.1.2 <i>VPI Transmisión Maker</i>	65
3.2.1.3 <i>Optisystem</i>	66

3.2.1.4	<i>NCTUns</i>	66
3.2.1.5	<i>Asons - An Automatically Switched Optical Network Simulator</i>	67
3.2.2	<i>Selección y características del simulador</i>	67
3.2.3	<i>Desarrollo de la simulación</i>	69
3.2.3.1	<i>Descripción de la OLT</i>	70
3.2.3.2	<i>Descripción de la Red de Distribución Óptica</i>	71
3.2.3.3	<i>Descripción del Equipo Receptor (ONU)</i>	72
3.2.4	<i>Resultados Obtenidos</i>	73
3.2.4.1	<i>Potencia</i>	74
3.2.4.2	<i>Factor Q y Mínimo BER</i>	75
3.2.4.3	<i>Diagrama de Ojo</i>	77
3.3	Triple play	79
3.3.1	<i>Voz, Internet y CaTV</i>	80
3.3.2	<i>Voz, Internet e IPTV</i>	81
3.3.3	<i>Voz, Internet y TV Online</i>	82
3.4	Informe costo/beneficio del proyecto	83
3.4.1	<i>Costos de inversión</i>	83
3.4.2	<i>Beneficios del proyecto</i>	87
	CONCLUSIONES	87
	RECOMENDACIONES	89
	GLOSARIO DE ABREVIATURAS	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Velocidades de transmisión	19
Tabla 1-2 Tráfico Promedio FIE.....	34
Tabla 2-2 Tráfico Promedio ESPOCH.....	39
Tabla 3-2 Primer nivel de splitter.....	43
Tabla 4-2 Segundo nivel de splitter.....	43
Tabla 5-2 “Área A” a cubrir con la red GPON	45
Tabla 6-2 “Área B” a cubrir con la red GPON.....	46
Tabla 1-3 Naps serie “A” Y “B”	50
Tabla 2-3 Naps serie “C” Y “D”	50
Tabla 3-3 Presupuesto óptico usuario más cercano.....	54
Tabla 4-3 Presupuesto óptico usuario más lejano	55
Tabla 5-3 ITU-T G.984.2 Class B+.....	56
Tabla 6-3 Características Huawei MA5608T.....	57
Tabla 7-3 Especificaciones Huawei MA5608T	57
Tabla 8-3 Especificaciones SmartAX MA5616.....	58
Tabla 9-3 Características SmartOLT.....	59
Tabla 10-3 Características ONU WaveAccess 4032.....	60
Tabla 11-3 Equipos seleccionados para la red GPON	63
Tabla 12-3 Comparación entre los softwares de simulación.....	68
Tabla 13-3 Presupuesto de potencia.....	74
Tabla 14-3 Costo Red de Dispersión.....	84
Tabla 15-3 Costo Red de Distribución.....	84
Tabla 16-3 Costo Red Feeder.....	85
Tabla 17-3 Costos Canalización de la red Feeder	86
Tabla 18-3 Costos total elementos pasivos.	86
Tabla 19-3 Costos total equipos activos.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Sistema de comunicaciones ópticas	5
Figura 2-1 Fibra Multimodo	9
Figura 3-1 Fibra Monomodo.....	9
Figura 4-1 Tipo de Conectores F.O	13
Figura 5-1 Patchcord.....	14
Figura 6-1 Pigtail	14
Figura 7-1 Red Óptica Pasiva (PON).....	16
Figura 8-1 OLT (Equipo Terminal Óptico)	21
Figura 9-1 Red de Distribución Óptica	22
Figura 10-1 ONT (Terminal de Red Óptica).....	22
Figura 11-1 ONU (Unidad de Red Óptica).....	23
Figura 12-1 Topologías de redes FTTx.....	26
Figura 13-1 Servicios triple play.....	27
Figura 1-2 Tráfico de la FIE	34
Figura 2-2 Tráfico Total.....	34
Figura 3-2 Tráfico-Rectorado	35
Figura 4-2 Tráfico de la FIE	35
Figura 5-2 Tráfico de la EIE	35
Figura 6-2 Tráfico de la EIS.....	31
Figura 7-2 Tráfico de la EDG	36
Figura 8-2 Tráfico de la FCP	36
Figura 9-2 Tráfico de la EM	37
Figura 10-2 Tráfico de la FSP.....	37
Figura 11-2 Tráfico de la FM.....	37
Figura 12-2 Tráfico-FADE	38
Figura 13-2 Tráfico demás dependencias	38
Figura 14-2 ESPOCH	40
Figura 15-2 Delimitación del área de cobertura.....	40
Figura 16-2 Diseño lógico de la red GPON para la ESPOCH.....	44
Figura 1-3 Partes de la red GPON	48
Figura 2-3 Reed Feeder.....	49
Figura 3-3 Red de Distribución.....	51
Figura 4-3 Red de Dispersión	52

Figura 5-3 Red de Canalización.....	52
Figura 6-3 Usuario más Cercano	53
Figura 7-3 Usuario más Lejano.....	53
Figura 8-3 Mini OLT MA5608T	56
Figura 9-3 ONU SmartAX MA5616	58
Figura 10-3 Smart OLT	59
Figura 11-3 WaveAccess 4032	60
Figura 12-3 GPON OLT	61
Figura 13-3 GPON ONT.....	62
Figura 14-3 Software Optisystem	68
Figura 15-3 Interfaz de usuario.....	70
Figura 16-3 OLT (Optical Line Termination).....	71
Figura 17-3 ODN (Optical Distribution Network).....	72
Figura 18-3 ONU	73
Figura 19-3 Menú de Simulación.....	73
Figura 20-3 Potencia recibida en el equipo ONU	74
Figura 21-3 Potencia recibida en el equipo ONU	75
Figura 22-3 Q factor-FIE	75
Figura 23-3 Min BER-FIE	76
Figura 24-3 Q factor-FRN.....	76
Figura 25-3 Min BER-FRN	77
Figura 26-3 Señal recibida en el equipo ONU-FIE.....	77
Figura 27-3 Señal recibida en la OLT desde la FIE.....	78
Figura 28-3 Señal recibida en el equipo ONU-EIE	78
Figura 29-3 Señal recibida en la OLT desde la EIE.....	79
Figura 30-3 Diagrama para el servicio de Voz, Internet y Catv	81
Figura 31-3 Diagrama para el servicio de Voz, Internet e IPTV	82
Figura 32-3 Diagrama para el servicio de Voz, Internet y TV Online.....	83

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Encuesta realizada al DTIC de la ESPOCH.

Anexo B. Diseño de la red de acceso GPON

Anexo C. Especificaciones OLT

Anexo D. Especificaciones ONU

Anexo E. Diseño de la Simulación.

Anexo F. Equipos para el servicio de CATV.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar una Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para proveer servicios Triple- Play (Voz, video y datos) en el que investigó los sistemas y tecnologías de las comunicaciones ópticas como introducción a la Tecnología GPON, asimismo se analizó las Redes FTTX lo que permitió determinar la mejor arquitectura para la nueva infraestructura de red. Para empezar con el desarrollo del proyecto se hizo un análisis de la red existente de la ESPOCH y posteriormente se elaboró el diseño de la red GPON que está compuesta por la red feeder, red de distribución y red de dispersión. Finalmente se efectuaron las pruebas respectivas para comprobar el funcionamiento de la red mediante cálculos teóricos y el empleo del Software Optisystem. Los resultados obtenidos en este proyecto se basan en el análisis del usuario más cercano y el usuario más lejano considerando parámetros como el presupuesto de enlace, factor Q y mínimo de BER los que resultaron satisfactorios pues se cumple con los parámetros estipulados por la norma ITU G984.2. Del trabajo realizado se concluye que la Red de acceso GPON para la ESPOCH es flexible, escalable, viable y presenta un ancho de banda admisible para dar el servicio de voz, video y datos. Por lo tanto, se recomienda la implementación de la red con tecnología GPON, debido a su gran ancho de banda, seguridad de la red y baja inversión.

Palabras Clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <TECNOLOGIA DE COMUNICACIONES>, <RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE GIGABIT (GPON)>, < RED FEEDER > <RED DE DISTRIBUCIÓN> < RED DE DISPERSIÓN> < TRIPLE- PLAY > < OPTISYSTEM (SOFTWARE) >

ABSTRACT

The aim of the research was to design a Gigabit Passive Optical Network (GPON) at the escuela superior politécnica de Chimborazo to provide Triple-Play services voice, video and data, it began with the investigation of systems and technologies Optical communications and later the GPON technology and FTTx networks allowing to determine the best architecture for the new network infrastructure was studied. The Project was developed according to three phases: the first phase an analysis of the existing network of ESPOCH was subsequently designing the GPON network that consists of the Feeder, Distribution and Dispersion Networks was carried out. Finally the respective tests were performed to check the operation of the project through theoretical calculations and the use of Optisystem Software. The results obtained in this Project are based on the analysis of the nearest user and the remote user considering parameters such as link Budget, Q factor and minimum BER which were satisfactory since they meet the parameters set by the standard ITU G984.2 The work concludes that the GPON network Access for ESPOCH is flexible, scalable, and viable and has a permissible bandwidth to provide the service voice, video and data. Therefore, implementation of the network with GPON is recommended, due to its high bandwidth, network security and low investment.

KEY WORDS: SCIENCE TECHNOLOGY AND ENGINEERING, TECHNOLOGY COMMUNICATIONS, GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON), FEEDER NETWORK, DISTRIBUTION NETWORK, NETWORK DISPERSION, TRIPLE-PLAY, OPTISYSTEM (SOFTWARE).

INTRODUCCIÓN

El actual proyecto presenta el diseño de una red de acceso GPON en la ESPOCH para proveer servicios de telecomunicaciones de calidad Triple- Play (Voz, video y datos), el que se basa en la necesidad de dar solución a varios problemas que presenta la red de la ESPOCH y ofrecer servicios superiores a la red actual. Este trabajo está formado de los siguientes capítulos:

En el capítulo I se presenta los antecedentes, la justificación, los objetivos, además del marco teórico en el que se investigo los sistemas y tecnologías de las comunicaciones ópticas para posteriormente estudiar la tecnología GPON donde se investigó sus características, normas técnicas, protocolos y las diferentes arquitecturas que presentan las redes FTTX.

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

Posteriormente se analizó y se determinó el tipo de splitters a utilizarse en la nueva infraestructura de red de acuerdo a las necesidades que presenta cada facultad y departamento que forma la ESPOCH, al terminar el capítulo se presenta un Diagrama lógico de la red de acceso GPON en el que se detalla el ancho de banda que se asignó a cada facultad y departamento.

En el capítulo III se describe el diseño físico de la red de acceso GPON en la ESPOCH para proveer servicios Triple- Play (Voz, video y datos), que está compuesto de la Red Feeder, Red de Distribución y Red de Dispersión. Posteriormente se realiza las pruebas respectivas para comprobar el funcionamiento del proyecto y adicionalmente se utiliza el Software Optisystem para corroborar los resultados. Finalmente se ofrece la discusión e interpretación de los resultados y se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Antecedentes

GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit) es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza fibra óptica para llegar al suscriptor. En los años 90, las redes ópticas pasivas empezaron a ser consideradas tanto para las operadoras como para los suministradores como una interesante solución. Años más tarde, en el 2003, el estándar GPON fue aprobado por ITU-T, y es la estandarización más interesante de las redes ópticas pasivas (PON).

En 1995 se creó el FSAN, con el objetivo de promover estándares de acuerdo a ciertos requerimientos. APON o denominada también como ATM PON es el primer estándar creado por el FSAN, luego en el 2001 la tecnología BPON (Broadband PON) y posteriormente en el 2004 la tecnología EPON (Ethernet PON) que fue definida por el grupo EFM (Ethernet First Mile), pocos meses antes que la tecnología EPON, fue definida la red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit conocida como GPON.

Actualmente podemos encontrar este tipo de redes en casi todo el mundo. GPON supera al resto de las tecnologías PON ya que presenta velocidades de hasta 2.488 Gbps de forma simétrica y asimétrica. La red óptica pasiva con capacidad de gigabit está en la capacidad de ofrecer todos los servicios de telecomunicaciones sobre una sola infraestructura de red basada en el protocolo IP.

GPON al ser una red convergente y poseer velocidades superiores a 1 Gbps dará un impacto socioeconómico, pues con el nuevo diseño de red se mejorará la eficiencia de los servicios de telecomunicaciones de la ESPOCH, además se tendrá una red con una vida útil de mayor duración, sus costos de mantenimiento son bajos, y es una red que se podrá acoplar a las nuevas tecnologías como son las x-PON, lo que implica economía para la institución.

Justificación del Trabajo de Titulación

Justificación Teórica

La fibra óptica es un medio de transmisión guiado compuesto de un hilo muy fino de material transparente de vidrio o materiales plásticos con un alto índice de refracción, es el medio de transmisión más avanzado pues es la tecnología que soporta los servicios de nueva generación, se utiliza ampliamente en telecomunicaciones.

Las ventajas de tener un bucle de abonado de fibra óptica son varias: mayores anchos de banda, distancias superiores desde la central hasta el abonado, mayor resistencia a la interferencia electromagnética, más seguridad, menos degradación en la señal, etc. Por otra parte, las redes ópticas pasivas PON son redes compuestas con fibra óptica que eliminan el uso de los equipos activos existentes entre el servidor y el cliente.

Toda la red de distribución óptica se compone de elementos ópticos pasivos para guiar el tráfico de la red. Existen algunas tecnologías unidas al concepto de redes PON, en la actualidad las redes GPON son las más utilizadas.

GPON es una red de fibra óptica totalmente pasiva, está formado por splitters, acopladores y atenuadores. Su arquitectura es punto a multipunto en donde todos los usuarios reciben la misma información, pero sólo se quedan con la que está dirigida hacia ellos, y son soluciones de acceso de alta capacidad para ofrecer el servicio de triple-play (voz, vídeo y datos).

La tecnología GPON está estandarizada en el conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.x (x = 1, 2, 3, 4) y ofrece una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2,5 Gbps, así como soporte de tasas de bit asimétricas. La velocidad más utilizada por los actuales suministradores de equipos GPON es de 2,488 Gbps downstream y de 1,244 Gbps upstream. (Millán, 2007, p.1)

Justificación Aplicativa

La ciudad de Riobamba, cuenta con la tecnología GPON gracias a varios proveedores de servicios obteniendo resultados satisfactorios, por tal motivo nace la necesidad de realizar el diseño de una red de acceso GPON para la ESPOCH donde se pretende prestar servicios de telecomunicaciones de calidad triple play (voz, video y datos).

La red de la ESPOCH cuenta con un backbone de fibra óptica en la capa de distribución, y se sigue manteniendo cobre en la capa de acceso, los principales problemas son: limitación en el ancho de banda con el proveedor de servicios, saturación en los enlaces, baja seguridad, equipos antiguos y sin soporte, la calidad de los servicios no es excelente y varios lugares de institución no cuentan con internet inalámbrico.

Los administradores de la red institucional realizan continuamente mejoras en este tema, en abril del presente año la ESPOCH dio un cambio a la red, actualmente, la institución cuenta con una red Ethernet Arquitectura en Capas que está formada por un switch core (Nexus 9507) ,12 switchs de distribución (cisco 3850) y varios switchs de acceso (cisco 2960) sin embargo, hoy en día, existe una alta demanda en el acceso a mejores servicios y a mayor ancho de banda.

En este proyecto se propone una red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit, donde se eliminará todos los componentes activos existentes entre el servidor y los usuarios, introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos o divisores ópticos pasivos para guiar el tráfico de la red, lo que nos permitirá disponer de altas tasas de transmisión para brindar más servicios y aplicaciones acorde a las exigencias de la institución.

Con la realización de la red de acceso GPON para la ESPOCH se desea saber cuáles serán los impactos socio-económicos, como también los requerimientos y las características que definan el diseño de la red de acceso GPON de acuerdo a las necesidades de la institución. Ofreciendo a la ESPOCH una proyección tentativa de las limitaciones y datos necesarios, para la implementación futura del proyecto.

Objetivos:

Objetivo General:

Diseñar una red de acceso GPON en la ESPOCH para proveer servicios Triple- Play (Voz, video y datos).

Objetivos Específicos:

- Investigar los sistemas y tecnologías de las comunicaciones ópticas siendo una herramienta indispensable para el desarrollo de este proyecto.
- Estudiar la tecnología GPON para determinar la mejor arquitectura y funcionamiento para la nueva infraestructura de red en ESPOCH.
- Diseñar una red de acceso GPON para prestar servicios Triple Play (Voz, video y datos) en la ESPOCH.
- Simular la solución propuesta de la red GPON mediante el Software Optisystem.
- Realizar el informe Costo/Beneficio, para determinar las ventajas que este proyecto aportará a la ESPOCH, utilizando herramientas apropiadas para ello.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Sistemas de comunicaciones ópticas

Un sistema de comunicaciones ópticas está formado básicamente por un transmisor óptico, un canal de transmisión de fibra óptica y un receptor. Cuando el sistema es utilizado para comunicar puntos separados por grandes distancias, es necesario incluir repetidores de señal, dependiendo de las pérdidas en el canal a lo largo de la distancia del enlace.

La figura 1.1 muestra un esquema de bloques de un sistema de comunicaciones ópticas. El transmisor consiste de una interface analógica o digital, un convertidor de voltaje a corriente, una fuente de luz y un adaptador de luz de fuente a fibra. La guía de fibra es de vidrio ultra puro o un cable de plástico. El receptor incluye un dispositivo conector detector de fibra a luz, una foto detectora, un convertidor de corriente a voltaje, un amplificador y una interface analógica o digital. (Haykin, 2002, p. 4)

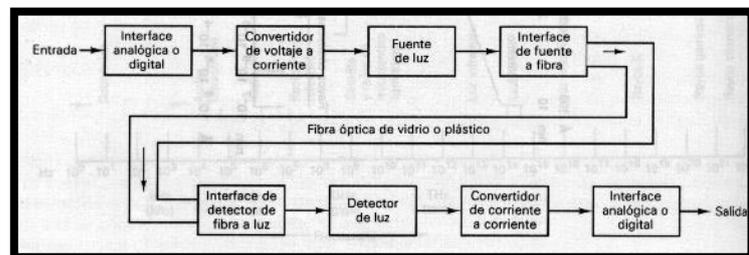


Figura 1-1 Sistema de comunicaciones ópticas

Fuente: <http://files.telecomunicaciones2.webnode.mx/200000015-a9e99aae15/f.png>

1.1.1 Arquitectura de los sistemas de comunicaciones ópticas

A continuación, se describen los sistemas de comunicaciones ópticas, analógicos y digitales:

1.1.1.1 Sistemas analógicos.

La señal de entrada es una función continua del tiempo y puede ser de audio, video o variaciones continuas de algún proceso físico (presión, temperatura etc.).

Las señales de audio y video generalmente modulan una portadora de RF en amplitud (AM), frecuencia (FM) o fase (PM).

Estas señales modulan la intensidad luminosa de la fuente, de forma directa, haciendo variar la corriente a través del diodo láser, o bien, utilizando moduladores externos. En el extremo receptor la señal se detecta, amplifica y demodula. El filtro paso bajo permite seleccionar únicamente las frecuencias útiles de la señal.

El funcionamiento de este sistema es transmitir una señal sin distorsión significativa, esto quiere decir que la forma de la señal, a la salida del sistema, debe permanecer como una réplica de la señal original (Haykin, 2002, p. 4)

1.1.1.2 Sistemas digitales.

La fuente de información debe estar en algún formato de señal digital, NRZ, RZ, HDB etc. Las señales digitales se obtienen mediante el muestreo, cuantificación y codificación de señales analógicas, o bien, son señales de naturaleza discreta, como los datos de computadora. El circuito de modulación del láser realiza la conversión de voltaje a corriente para modular la intensidad luminosa, de acuerdo con las variaciones de la señal.

En el extremo receptor, la señal se detecta y amplifica, normalmente se requiere el filtro de ecualización para regenerar los pulsos recibidos; de ésta señal se extrae el reloj, que se utiliza en el circuito de decisión para determinar el nivel correspondiente a cada pulso sincronizado. Hoy los sistemas de comunicaciones digitales son los de mayor desarrollo, y esta tendencia es generalizada, tanto para sistemas de fibra óptica, como para sistemas de RF. (Haykin, 2002, p. 5).

1.1.2 Técnicas de multicanalización.

Estas técnicas son usadas para mejorar el rendimiento de los sistemas de comunicaciones ópticas. El objetivo fundamental es aumentar el volumen de transmisión de información, de manera que se aproveche al máximo la capacidad del canal, actualmente, la fibra óptica es el medio más adecuado para transmitir señales a frecuencias elevadas.

A continuación, se describen los esquemas de multicanal más utilizados.

1.1.2.1 Multicanalización por división de tiempo

Una sola fibra puede transmitir muchas señales digitales multicanalizadas temporalmente, cada canal puede transmitir sus datos en un instante de tiempo previamente asignado.

Por lo tanto, el autor plantea que la asignación de tiempos para cada señal sirve en la recepción para identificar la fuente que envía el mensaje.

La multicanalización temporal TDM (Time Division Multiplexing) puede hacerse bit por bit o bien en forma de paquetes que incluyen códigos de señalización y de identificación de fuente.

1.1.2.2 Multicanalización por división en longitud de onda.

La multicanalización por división en longitud de onda WDM (Wavelength Division Multiplexing). “Consiste en la transmisión de dos o más flujos de información simultáneos sobre una misma fibra, en el mismo sentido u opuesto, y utilizando distinta longitud de onda en cada caso” (Haykin, 2002, p. 6).

1.2 Fibra óptica

Es un medio de transmisión físico que trabaja con velocidades y distancias superiores a las de cualquier otro medio de transmisión como es el cobre o tecnologías inalámbricas. Está compuesto por filamentos de vidrio ultra puro, y su función es transmitir la luz entre los dos extremos de la fibra óptica, en distancias que van desde 1m hasta N kilómetros.

La fibra óptica ha remplazado a los cables de cobre pues la señal que viaja a lo largo de estas, presentan valores menores de pérdida. Además, la fibra óptica posee la característica de ser inmune a las interferencias electromagnéticas, un problema que el cable de cobre sufre excesivamente. Diseñada especialmente para sistemas de comunicaciones, aunque también se utilizan para una variedad de otras aplicaciones, algunos de ellos son sensores de fibra óptica y los láseres de fibra.

1.2.1 Componentes de la fibra óptica

La fibra óptica está formada por 3 elementos básicos que se detallan a continuación:

1.2.1.1 Núcleo.

El núcleo es la parte más importante de la fibra óptica, está formado por un cilindro de vidrio puro, generalmente fabricado de óxido de silicio o germanio, dopado con materiales como: B₂O₃, GeO₂ o P₂O₅ para ajustar su índice de refracción, también existen en el mercado fibras ópticas con el núcleo de plástico o cuarzo fundido con un alto índice de refracción n_1 por el que viaja la señal luminosa.

Por el núcleo se trasmite la información de un punto a otro mediante señales ópticas, siguiendo un proceso llamado reflexión interna total, su diámetro varía según el tipo de fibra, teniendo un rango de entre 8 μm a 125 μm , mientras mayor es el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que se puede transmitir.

1.2.1.2 Revestimiento.

Es un segundo filamento que cubre el núcleo, está fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra, elaborado del mismo material que el núcleo, pero se le añade ciertas impurezas con el fin de que el índice de refracción n_2 sea menor, con el fin de que actúe como una capa reflectante, para que las ondas de luz que intentan escapar del núcleo sean reflejadas y retenidas en el núcleo produciéndose así el fenómeno de la reflexión total interna que ayuda a la transmisión en el interior de la fibra óptica.

1.2.1.3 Cubierta protectora.

Fabricada en plástico, protege mecánicamente a las dos capas anteriores. Es la última capa de la fibra óptica fabricado de varias capas de plástico para brindar resistencia mecánica a la fibra en el tendido en ambientes externos. En el caso de fibras de estructura ajustada existe una segunda protección conocida como buffer. (Alulima y Paladines, 2014: p. 7)

1.2.2 Modos de propagación

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

1.2.2.1 Multimodo.

Los haces de luz pueden circular por más de un modo, camino o vía, por lo tanto, no llegan todos a la vez. El diámetro del núcleo suele ser de 50 μm ó 62.5 μm , por lo que el acoplamiento de la luz es muy sencillo, puede tener más de mil modos de propagación de luz y son usados en sistemas de corta distancia (menores a 1 km), son simples de diseñar y muy económicas.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción mayor a la fibra monomodo, pero el orden de magnitud del revestimiento es el mismo. La fibra multimodo por su gran tamaño del núcleo, es más fácil de conectar y presenta mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

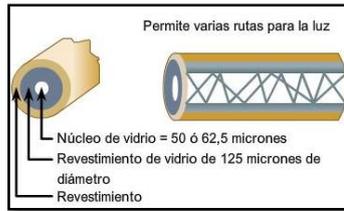


Figura 2-1 Fibra Multimodo

Fuente: http://med.se-todo.com/pars_docs/refs/20/19271/19271_html_m6fcfa368.jpg

1.2.2.2 Monomodo.

Tiene el núcleo de menor diámetro que una fibra multimodo, de tal manera que por ella solo se puede propagar un solo haz de luz, esto se debe al pequeño tamaño del núcleo que es menor a $9\mu\text{m}$. Es capaz de alcanzar mayores distancias y tasas de transmisión más elevadas que la fibra óptica multimodo, asimismo elimina la atenuación por dispersión modal y disminuye el ruido, su desventaja es que tiene un mayor costo y es difícil de manipular. (Alulima y Paladines, 2014: p. 9)

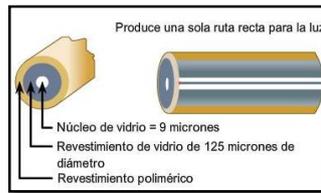


Figura 3-1 Fibra Monomodo

Fuente: http://med.se-todo.com/pars_docs/refs/20/19271/19271_html_m6fcfa368.jpg

1.2.3 Clasificación por su índice de refracción

Esta clasificación es dedicada a la fibra multimodo, la que se divide en dos tipos:

1.2.3.1 Fibra Óptica de índice escalonado

El valor del índice de refracción en el núcleo permanece constante y superior al valor del revestimiento. El paso desde el núcleo hasta la cubierta sufre una variación brutal del índice, es por esta razón que se conoce como índice escalonado. Este tipo de fibras se fabrican a base de vidrio y poseen una atenuación de 30 dB/km, también se construyen de plástico, con una atenuación igual a 100 dB/km. Posee una banda de paso que tiene una capacidad de hasta 40 MHz por kilómetro.

1.2.3.2 Fibra Óptica de índice gradual

Su principio se basa en el índice de refracción en el interior del núcleo que no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta, tiene una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra.

Este tipo de fibra permite reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra. El núcleo está formado de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción, causando que el rayo de luz de refracte simultáneamente mientras pasa por el núcleo, pareciendo que el rayo se curva (Gutiérrez, 2011, p2).

1.2.4 Tipos de cable

1.2.4.1 Cable Figura en 8.

Debido a su forma física se lo conoce como cable figura 8, cuenta con un cable guía o mensajero, adherido a él, con su misma chaqueta de recubrimiento, su función es sujetar el cable a los postes con un determinado tipo de herrajes, comúnmente este cable mensajero es de acero, su capacidad es de 6 a 96 hilos, se destaca por sus propiedades mecánicas y ambientales, tiene un peso de 54 kg / km, su instalación de hasta 600 y 1500 N con un rango de temperatura de -40 a +60 °C respectivamente.

1.2.4.2 Cable Blindado

Este tipo de cable posee una coraza protectora o armadura de acero debajo de la cubierta de polietileno. Es un cable resistente al aplastamiento y propiedades de protección frente a roedores. Se usa frecuentemente en aplicaciones de enterramiento directo o para instalaciones en entornos de industrias pesadas (Coba y Campi, 2014, p.5).

1.2.4.3 Cable de estructura holgada

Formado por varios tubos de fibra que rodean un miembro central de refuerzo, está rodeado de una cubierta protectora. Cada tubo posee un tamaño de 2 a 3 milímetros de diámetro, que llevan varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos o comúnmente, están llenos de un gel resistente al agua que impide que ésta entre en la fibra. (Alulima y Paladines, 2014: p. 10)

1.2.4.4 Cable aéreo autoportante

Al igual que el anterior es de estructura holgada diseñado para ser utilizado en estructuras aéreas. No necesita un fijador como soporte. Para asegurar el cable directamente al poste se utilizan abrazaderas especiales. El cable se sitúa bajo tensión mecánica a lo largo del tendido.

1.2.4.5 Cable submarino

Usados para transmitir energía eléctrica o comunicaciones, en telecomunicaciones, actualmente se utiliza la fibra óptica, que utiliza multiplexación por longitud de onda (WDM) y emplea diferente propagación de ondas de luz sobre una sola fibra óptica con diferentes longitudes de onda, aumentando la capacidad de transporte.

1.2.5 Factores que afectan las comunicaciones ópticas

Existen varios factores que afectan a las comunicaciones ópticas, los más comunes se describen a continuación:

1.2.5.1 Atenuación.

“La atenuación en la fibra óptica son pérdidas de potencia óptica cuando esta es transmitida a través del núcleo, este decremento es expresado en dB (decibelios) y se lo mide generalmente como una tasa de pérdida por unidad de distancia (dB/Km)” (Alulima y Paladines, 2014: p. 11).

También se puede medir en porcentajes (%) que es el factor que limita el rendimiento de los sistemas de comunicaciones ópticas, existen varios factores que influyen para aumentar la atenuación como: la disipación de luz fuera del núcleo de la fibra, los factores ambientales, empalmes, tipo fibra óptica y por la longitud de onda a la que se desea transmitir, los que se pueden clasificar en dos categorías: Intrínsecos y Extrínsecos.

1.2.5.2 Dispersión.

“Es la propiedad física inherente de las fibras ópticas, que define el ancho de banda y la interferencia inter simbólica (ISI)” (Zurimitzagui, 2012: p.1)

La dispersión provoca una deformación del haz de luz que se propaga, y en consecuencia la señal de luz se ensanchará en el tiempo afectando en la transmisión de la señal en la fibra óptica. Es usualmente expresada en términos del ensanchamiento del pulso por kilómetro del camino de fibra.

- **Dispersión modal.**

Este tipo de dispersión afecta a la fibra multimodo, pues sabemos que las señales de luz en este tipo de fibra toman varias rutas con diferentes ángulos de reflexión haciendo que no toda la energía de la señal de luz llegue al final al mismo tiempo. Este tipo de dispersión se puede reducir considerablemente usando fibra multimodo con índice gradual (Alulima y Paladines, 2014: p. 11).

- **Dispersión cromática.**

Este fenómeno afecta a la fibra monomodo y multimodo, consiste en la disminución de los niveles de señal óptica debido a que el espectro de la luz se propaga con diferentes velocidades y diferentes longitudes de onda. Provoca la disminución de la velocidad de transmisión, que generalmente aumenta en distancias largas Extrínsecos.

- **Dispersión por modo de polarización.**

Este tipo de dispersión afecta principalmente a las fibras de tipo monomodo, limitando considerablemente la transmisión de bits especialmente a altas velocidades y deformando los pulsos ópticos (Alulima y Paladines, 2014: p. 12).

1.2.5.3 Macro doblajes.

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

1.2.5.4 Micro doblajes.

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

1.2.6 Elementos de unión e interconexión

En los sistemas de fibra óptica es necesario utilizar dispositivos de interconexión y estos pueden ser conectores, patch cord, pigtail, etc

1.2.6.1 Conectores.

El conector es un dispositivo mecánico que se monta en un extremo de un cable de fibra, fuente de luz, o un transmisor. Un conector permite ser conectado a un dispositivo similar. Los conectores recolectan y dirigen la luz, son fácilmente acoplados y desacoplados de los dispositivos a los que se conectan. Existen muchos tipos de conectores para la fibra óptica, la elección del conector depende del tipo de dispositivos que se manejan y la aplicación en la que se va a utilizar. (Gómez, 2011, p.38)

- **FC.** - Se utiliza en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- **FDDI.** - Se usa en redes de fibra óptica.
- **LC y MT-Array.** – Para transmisiones de alta densidad de datos.
- **ST o BFOC.** – Usados en redes de edificios y en sistemas de seguridad
- **SC y SC-Dúplex.** - Utilizados para la transmisión de datos (Pablo et al, 2010: p. 85).



Figura 4- 1 Tipo de Conectores F.O

Fuente: <https://eduardonhpr.files.wordpress.com/2010/09/conectores.jpg>

1.2.6.2 Patch cord.

Es un cable de fibra óptica de corta longitud (comúnmente entre 1 y 30 mts) para uso interior con conectores instalados en sus dos extremos, usualmente en presentación simplex cuando se trata de una sola fibra o dúplex, es decir 2 fibras, aunque pueden presentarse arreglos multifibra.

Los Patch cord pueden interconectar directamente dos equipos activos, conectar un equipo activo a una caja pasiva (ODF) o interconectar dos cajas pasivas conformando en este caso un sistema administrable de cableado (Cross Connect).

En este último caso, los patch cords son conectados entre el equipo activo y el ODF en su porción interna, patch cords frontales ODF a ODF, permitiendo una administración de puertos del equipo activo simplemente cambiando patch cords de posición. (Rodríguez, 2016, p.1)



Figura 5-1 Patchcord

Fuente: <http://www.alfabase.co.th/images/1213158993/20PATCHCORD.jpg>

1.2.6.3 Pigtail.

El pigtail de fibra óptica tiene un conector en solo uno de sus extremos. Se utiliza para ser empalmado un extremo con la fibra óptica que llega del enlace exterior y el otro extremo permite la interconexión con el equipo de la central, los conectores pueden ser hembras o macho.



Figura 6-1 Pigtail

Fuente: <https://http2.mlstatic.com/fibra-optica-pigtail-scpc-scpsc.jpg>

1.2.7 Empalmes.

“Los empalmes crean una unión permanente entre dos fibras, por lo que su uso está limitado a aquellos lugares donde no se espera que los cables estén disponibles para realizar mantenimientos en el futuro. La aplicación más común de empalmes es la concatenación (la unión) de los cables en las conexiones largas en plantas externas donde la longitud del tendido requiere más de un cable” (Barrios, 2016: p.4). Existen diferentes tipos de empalmes que se explican a continuación:

1.2.7.1 Por fusión.

Este tipo de empalme es el más utilizado pues posee pérdidas muy bajas y da menor reflectancia, asimismo brinda la unión más fuerte y más confiable.

Prácticamente todos los empalmes de fibra monomodo son por fusión.

1.2.7.2 Mecánico.

El empalme mecánico se utiliza para restauraciones temporarias y empalmes de fibras multimodo. Consiste en un tubo dividido horizontalmente, la parte de abajo es una base tipo V y la de arriba una tapa plana. El espacio entre ambas se llena de un gel adaptador, y es donde se insertan las fibras cortadas (de longitud determinada) luego se cierran con unas grapas de presión que empujan las fibras hasta juntarlas (Sánchez, 2015, p.8).

1.2.7.3 Por adhesión.

Consiste en insertar las fibras en un mecanismo de alineación y luego son unidas con un adhesivo epóxico, este material sirve como elemento de unión, y como adaptador de índices de refracción. Se puede optimizarse mediante rotación de una de las fibras, las pérdidas de inserción van de 0.1 a -0.5 dB.

1.2.8 Mangas de conexión

Da soporte a los empalmes de fibra óptica y su función es encerrar herméticamente en su interior las conexiones de los empalmes con el objetivo de protegerlos a las diferentes condiciones ambientales que se puedan presentar. Elemento utilizado en redes pasivas que alojan en su interior splitters de diferentes capacidades que se utilizan para la distribución de la señal hacia un posible segundo nivel de splitteo o elemento de distribución óptica al cliente.

1.2.9 Herrajes

Son accesorios de acero galvanizado que sirven para sujetar el cable aéreo a los postes, de igual manera en redes canalizadas, son los accesorios que sirven como soporte y protección del cable canalizado (Insuasti, 2009: p 27)

1.2.10 Redes de comunicación por fibra óptica

La fibra óptica es usada por muchas compañías de telecomunicaciones para transmitir señales telefónicas, comunicación vía Internet y señales de televisión por cable. Hoy en día, la fibra óptica es muy utilizada en varios tipos de redes, como se muestra a continuación:

Redes de fibra óptica:

- Redes FDDI
- Redes 10base F
- Fast ethernet 100base Fx
- Gigabit ethernet
- Redes SDH/Sonet
- Redes HFC
- Redes PON

1.3 Redes PON

Red óptica pasiva (PON) son redes que eliminan los equipos activos existentes entre el servidor y el cliente, es decir toda la red PEX se compone de elementos ópticos pasivos para dirigir el tráfico de la red, no necesitan alimentación externa para su funcionamiento y disminuyen considerablemente los costos.

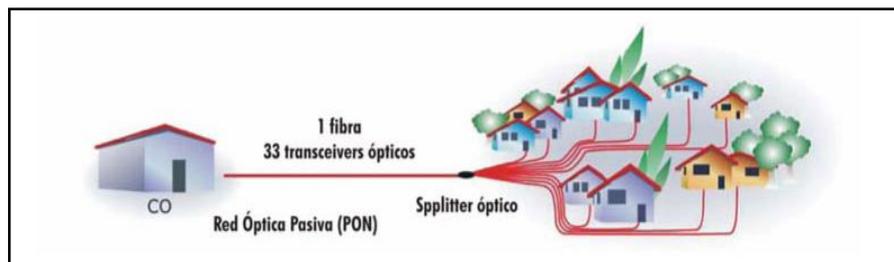


Figura 7-1 Red Óptica Pasiva (PON)

Fuente: <http://tic-tac.teleco.uvigo.es/profiles/blogs/redes-opticas-pasivas>

Estas redes son una gran alternativa para resolver problemas de acceso y presentan grandes beneficios, por lo que los proveedores de servicios de telecomunicaciones están optando por su implementación, además al no ser una tecnología tan nueva, su inversión no es costosa.

Las PON están formadas por los siguientes equipos: un terminador de red Óptico (OLT) en la central local del proveedor de servicios y una serie de Unidades de Red Ópticas (ONUs) próximo a los usuarios. Este tipo de redes poseen una arquitectura punto a multipunto, es decir, se pueden derivar un cierto número de ramificaciones normalmente hasta 32 usuarios para dar el servicio.

1.3.1 Tipos de redes pon

Las redes ópticas pasivas poseen diferentes tecnologías que se unen al concepto de PON, a continuación, se describe cada una de ellas.

1.3.1.1 APON (ATM Passive Optical Network)

A-PON o ATM-PON está definida en la revisión del estándar ITU-T G.983, y es el primer estándar desarrollado para las redes PON. APON usa el protocolo ATM como portador. ATM-PON se adecua a distintas arquitecturas de redes de acceso, las más comunes FTTH (Fibra hasta la vivienda), FTTB/C (fibra al edificio/a la acometida) y FTTCab. APON es la que más características en cuanto a OAM (operación y administración) ofrece (Henao, 2014: p.5)

1.3.1.2 BPON (Broadband PON)

Esta tecnología surgió como una mejora de la tecnología A-PON con el objetivo de integrar y obtener acceso a más servicios, dando como resultado mayor ancho de banda, entre otras mejoras. Su arquitectura se basa en la tecnología A-PON. Broadband-PON se encuentran bajo el estándar ITU-T 983, de la G.983.1 que es la original de esta tecnología, hasta la G.983.8.

1.3.1.3 GPON (Gigabit PON)

Una red óptica pasiva con capacidad gigabit tiene una velocidad superior a 1 Gbps. En el sentido ascendente como en el descendente la información se transmite por la misma fibra óptica, esto es posible porque utiliza una multiplexación WDM (Wavelength Division Multiplexing). Las GPON tienen un alcance máximo de 60 km y una sola fibra óptica puede dar servicio hasta a 64 usuarios en condiciones normales, esta tecnología se encuentra bajo los estándares de la ITU-T, formado por las recomendaciones: G984.1, G984.2, G984.3, G984.4 y G984.5.

1.3.1.4 EPON (Ethernet PON)

Con base en el estándar Ethernet 802.3, EPON especifica una red pasiva con un alcance de hasta 20 km. Utiliza WDM con las mismas frecuencias ópticas que GPON y TDMA. La velocidad es de 1,25 Gbits / s en ambas direcciones descendente y ascendente. EPON trabaja en modo full duplex (sin CSMA / CD) en una topología de fibra simple punto a multipunto.

Los suscriptores, o unidades ONU, no puede ver el tráfico transmitido de otros suscriptores, sólo un abonado a la vez transmite, utilizando un protocolo de multiplexación por división de tiempo TDMA. EPON es totalmente compatible con otros estándares Ethernet, por lo que no es necesario ninguna conversión o encapsulación al conectarse a redes basadas en Ethernet en cada extremo.

1.4 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

1.4.1 Definición de GPON

Red óptica pasiva con capacidad de gigabit es una tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto, en el que todos los usuarios reciben la misma información, pero sólo quedan con la que está dirigida hacia ellos, y son soluciones de acceso de alta capacidad para servicios triple-play (voz, vídeo y datos). (Ríos, 2011, p. 43).

1.4.2 Características del estándar GPON

- La ITU-T inició sus trabajos en el estándar GPON en el Año 2002.
- GPON proporciona una estructura de trama escalable desde 622 Mb/s hasta 2,5 Gb/s.
- El método de encapsulamiento de la información que se emplea en las redes GPON se llama GEM (método de encapsulación GPON).
- Tiene la capacidad de ofrecer múltiples servicios (Ethernet, ATM, TDM, entre otros) utilizando un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 us.
- GPON apunta a velocidades de transmisión mayor o iguales a 1,2 Gb/s cuenta con ciertas combinaciones como podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 1-1 Velocidades de transmisión

Upstream	Downstream
155 Mbps	1,2 Gbps
622 Mbps	1,2 Gbps
1,2 Gbps	1,2 Gbps
155 Mbps	2,4 Gbps
622 Mbps	2,4 Gbps
1,2 Gbps	2,4 Gbps
2,4 Gbps	2,4 Gbps

Fuente: HENAO, Juan Sebastian.2011

- El modo de Encapsulamiento GEM permite mayor flexibilidad y transmisión de paquete IP. El encabezado del estándar GEM contiene los siguientes campos:

Campo PLI, indicador de la longitud del payload

Campo PORT ID (Identificación del Puerto) – 4096 Indicadores

Campo PTI (Tipo de Contenido)

Campo HEC (Protección del error de código)

1.4.3 Normativas técnicas UIT G.984.X

Estas normas técnicas otorgan a los usuarios mejores costos, competitividad y diversidad de fabricantes. A continuación, se da una breve explicación de este conjunto de recomendaciones que describen las redes GPON.

1.4.3.1 Norma UIT-T G.984.1

Esta norma muestra las características generales de una red GPON, el funcionamiento y constitución, con la finalidad de apreciar la convergencia del equipamiento, así como mostrar las topologías utilizadas.

1.4.3.2 Norma UIT-T G.984.2

Describe redes ópticas pasivas que abarcan sistemas con velocidades de línea nominales de 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido descendente y 155,520 Mbit/s, 622,080 Mbit/s, 1244,160 Mbit/s y 2488,320 Mbit/s en sentido ascendente, asimismo especifica los requisitos de la capa física y las características de la capa dependiente de los medios físicos (PMD).

1.4.3.3 Norma UIT-T G.984.3

Los parámetros dados en esta recomendación tratan sobre la interoperabilidad entre la capa de convergencia y la PMD, en base al uso de herramientas como el AES y la trama FEC utilizada en la comunicación entre la OLT y varias ONU en sentido descendente. Se define que está directamente referenciada a los aspectos de la fibra óptica, describiendo algunas de las redes con acceso flexible para este medio y las características de las redes PON. (Guzmán, 2011, p.8)

1.4.3.4 Norma UIT-T G.984.4

Esta normativa se centra en OMCI (ONT Management and Control Interface) interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica ONT, trabaja en MBI (Management Information Base) base de información de gestión autónomo del protocolo de comunicación entre los equipos ópticos OLT y ONT. Se concluye que esta norma ofrece la administración de los diferentes servicios y sus tramas, según sus relaciones y atributos dentro del complejo sistema de encriptación.

1.4.3.5 Norma UIT-T G.984.5

Esta normativa propone el rango de bandas y longitudes de onda que se prolongan por determinado tiempo, otorgan señales que posean servicios nuevos para los usuarios usando WDM, con el fin de optimizar en el caso de nuevas redes ópticas pasivas, concerniente al empleo aconsejable de las ODN (Lozada y Lucin, 2015, p.18).

1.4.5 Protocolos utilizados en redes GPON

Los protocolos utilizados en redes GPON son: TDM (Time Division Multiple Access) y TDMA (Time Division Multiple Access), y se detallan a continuación:

1.4.5.1 TDM (Time Division Multiple Access)

Todos los datos se transmiten hacia todas las ONTs. Cada ONT filtra los datos recibidos y sólo es capaz de acceder a aquellos datos que van dirigidos hacia ella. Es posible cifrar el tráfico que se cursa entre OLT-ONT para que este sea inaccesible a una segunda ONT.

1.4.5.2 TDMA (*Time Division Multiple Access*)

La OLT controla el canal ascendente, asignando ventanas de tiempo de transmisión a cada ONT. Se requiere un control de acceso al medio para evitar colisiones y para distribuir el ancho de banda entre los usuarios. Es necesaria la perfecta sincronización de los paquetes ascendentes para que la OLT sea capaz de reconstruir la trama GPON. Por esta razón es necesario que la OLT conozca la distancia a la que se encuentra cada ONT para tener en cuenta el retardo al recibir la información.

1.4.6 *Arquitectura una red GPON*

La red GPON está compuesta por:

- OLT: Equipo que gestiona el tráfico desde el MPLS con los equipos terminales.
- ODN: Red de Fibra Óptica más Splitters.
- ONT/ ONU: Equipos terminales de clientes.

1.4.6.1 *OLT (Terminación de Línea Óptica)*

Es uno de los componentes más importantes de la GPON, está ubicado en el cuarto central de control, es un elemento activo, desde la OLT se lleva a cabo la conversión entre las señales eléctricas utilizadas por los equipos del proveedor de servicios y las de fibra óptica, señales utilizadas por la red óptica pasiva. Las cuales parten hacia el usuario final, y tienen una capacidad para dar servicio a un gran número de clientes.

Sirve de proveedor de los servicios de punto final de la red GPON, brinda la interfaz de la red entre OAN y además permite la conexión a una o varias ODN, requiere alimentación AC para su funcionamiento.



Figura 8-1 OLT (Equipo Terminal Óptico)

Fuente: https://upload.wikimedia.b/b5/OLT_Alcatel_CityPlay_Amiens.jpg

1.4.6.2 ODN (Red de distribución óptica)

Está formada por un cable feeder (troncal), que conecta el puerto del ODF y la entrada principal de splitter; y a través de cables de distribución se conectan las salidas de los splitters secundarios a los equipos terminales (ONT) a través de una caja de distribución y cables tipo Drop o de acometida.

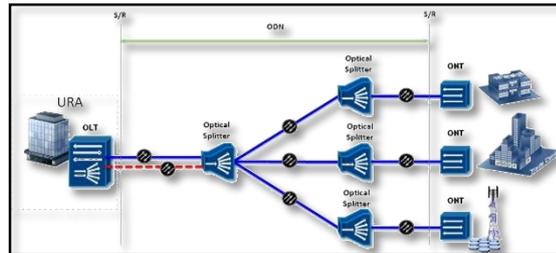


Figura 9-1 Red de Distribución Óptica

Fuente: <http://wwen.zte.com.cn/endata/magazine/zte technologies/2009year/no9.jpg>

1.4.6.3 ONT (Terminal de Red Óptica)

Equipo terminal que convierte las señales de luz de la fibra óptica en señales eléctricas de cobre, posee tres longitudes de onda de luz que se utilizan entre la ONT y la terminal de línea óptica, estas son:

- 1310 nm
- 1490 nm
- 1550 nm

Cada ONT es capaz de entregar: servicio FiOS digital de voz VOIP, Internet y Vídeo (Toscano, 2016, p.23).



Figura 10-1 ONT (Terminal de Red Óptica)

Fuente: http://fibroptica.blog.tartanga.net/files/2014/07/FTTH-Ont_9.jpg

1.4.6.4 ONU (Unidad de Red Óptica)

Ofrece conectividad GPON para la interconexión con la OLT y dispone de diferentes tecnologías para dotar de servicio a los usuarios. Se trata de un dispositivo de distribución de servicios a más de un usuario, suele ofrecer con la posibilidad de emplear VDSL2, ADSL2+, Fast Ethernet y POTS.

Se encuentra en las instalaciones del cliente, su función es la conexión de fibra óptica con la red PON, por un lado, mientras que es la interfaz el cliente en el otro lado. ONT es compatible con una gran variedad de interfaces, dependiendo de los requisitos de los clientes (Vásquez, 2015, pp. 40-44)



Figura 11-1 ONU (Unidad de Red Óptica)

Fuente: <http://content.hwigroup.net/images/broadband-Onu-with-storage-link.jpg>

1.5 Redes FTTx

Es la expresión genérica para referirse a las distintas arquitecturas de redes de alto desempeño que reemplazan total o parcialmente al cobre por fibra óptica se las conoce comúnmente como tecnologías de telecomunicación FTTx (Fibra hasta X lugar) en donde la X simboliza los distintos puntos de terminación de la red de fibra, esto quiere decir que dependiendo de este punto las redes FTTx pueden ser de distintas topologías, pueden ser totalmente de fibra o mixtas, diferenciándose por la última letra que denota los distintos destinos de la fibra.

Elementos que determinan esta clasificación:

- **Alcance**

Longitud de la fibra óptica

- **Medios de Transmisión**

Únicamente de fibra óptica

Combinación de fibra óptica y par de cobre trenzado

- **Componentes de Red**

Terminales de usuario (ópticos)

Equipos concentradores (DSL)

A continuación, se describen cada una de las diferentes topologías FTTX:

1.5.1 FTTC

Es la abreviatura de fibra hasta el gabinete o esquina, es una topología mixta, pues se utiliza como medio de transmisión la fibra óptica y el cobre. El trayecto de la fibra óptica va desde la central del operador conocida como OLT, hasta un nodo de distribución construido máximo a 300m de los usuarios, a partir de ese punto la red la conexión llega a los usuarios mediante cobre.

Generalmente se utiliza tecnología xDSL (VDSL) en donde se coloca un equipo llamado DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) en el nodo de distribución, el que permite que mediante el cobre los usuarios accedan a los servicios de telecomunicación (Alulima y Paladines, 2014: p. 11).

1.5.2 FTTB

Fibra hasta el edificio, esta es una topología al igual que la anterior de tipo mixta, el trayecto de la fibra óptica va desde la OLT hasta la acometida del edificio de donde se distribuye en su interior a cada oficina del edificio la información a través de cobre, se utiliza una ONU como equipo receptor; o también puede ser distribuida de forma inalámbrica. (Zunino, 2009, pp. 16-19).

1.5.3 FTTH

Es la arquitectura más utilizada en la actualidad, fibra hasta la casa, es una topología totalmente basada en fibra óptica, donde todo su trayecto es de fibra óptica, es decir, desde la central hasta la casa de los usuarios. Este tipo de topología es de tipo árbol ya que parte de la OLT, hasta algún dispositivo pasivo llamados splitter los cuales dividen las señales ópticas, hasta llegar a la casa del usuario en donde en su interior se encuentra el dispositivo terminal ONT.

1.5.4 FTTN

En FTTN o fibra hasta el nodo, la fibra óptica termina en una central del operador de telecomunicaciones que presta el servicio, suele estar en las inmediaciones del barrio, por lo que en alguna bibliografía se asigna a la N la palabra neighborhood con su significado igual a vecindario Las topologías responden a las distintas necesidades de las áreas Urbana Densa y Suburbana/Rural (Zunino, 2009, pp. 16-19).

1.5.5 FTTE

Es una arquitectura compatible con los estándares del sistema de cableado estructurado que se extiende la red troncal de fibra de la sala de equipos, a través de la sala de telecomunicaciones, y directamente a un recinto de telecomunicaciones (TE) instalado en un espacio común para servir a un número de usuarios en un área de trabajo.

Su aplicación se basa en la TIA/EIA-569-B "Caminos y Espacios", la cual define el recinto de Telecomunicaciones (TE), y TIA/EIA-568-B.1 Addendum 5, que define el cableado cuando un TE es utilizados. La arquitectura permite FTTE para cualquier elección los medios de comunicación de la TE en el área de trabajo, ya que puede ser de cobre de par trenzado balanceado, fibra óptica multimodo o monomodo de fibra óptica o inalámbrica, incluso si un punto de acceso está instalado en o cerca de la TE (López y Macea, p.4)

1.5.6 FTTP

Es un medio de suministro de cable de fibra óptica que ofrece acceso a Internet directamente a un usuario o grupo de usuarios de un proveedor de servicios de Internet (ISP). Funciona a una velocidad mucho más rápida que Internet por cable coaxial o una conexión de acceso telefónico. Se lleva a cabo mediante el uso de una red de distribución óptica entre la oficina central y los locales ocupados por el abonado (s).

FTTP proporciona una conexión de fibra óptica hasta el final de la central telefónica existente en el edificio, es uno de la mayoría de los tipos de vanguardia a nivel mundial de banda ancha de fibra con velocidades de vértigo de hasta 330 Mbps y hasta 1000 Mbps de Gigaclear. ((López y Macea, p.4)

1.5.7 FTTD

Es la conexión de fibra óptica que se instala desde la sala de ordenadores principales de un terminal o un convertidor de fibra media, hasta la mesa de los usuarios.

1.5.8 FTTA

La señal óptica transmitida por la prestadora de servicios llega a una sala de equipos, pasando por un splitter óptico ubicado en la sala de equipos del edificio de atención, dividiéndose y transmitiéndose individualmente a cada departamento u oficina (Aguilar, 2011: p.29).

En la siguiente imagen se presenta las Topologías más utilizadas en la actualidad:

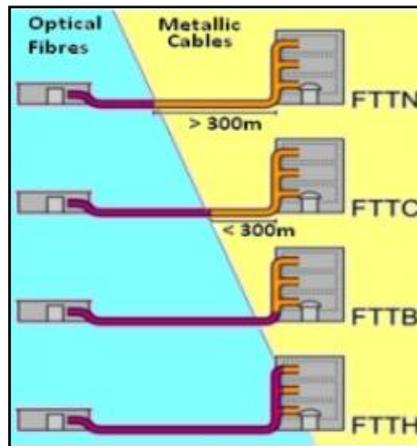


Figura 12-1 Topologías de redes FTTx

Fuente: http://www.fs.com/blog/wp-content/uploads/FTTx-concepts_and_applications.jpg

- **Fiber to the Node (FTTN)**

Fibra óptica y cable coaxial (Outdoor) 200 – 500 hogares por fibra Servicios de 30 Mbps

- **Fiber to the Curb (FTTC)**

Fibra óptica y par de cobre (Outdoor) 10 – 100 hogares por fibra Servicios de 50 Mbps

- **Fiber to the Building (FTTB)**

Fibra óptica (Outdoor) y par de cobre (Indoor) 32 hogares por fibra Servicios de 100 Mbps

- **Fiber to the Home (FTTH)**

Enteramente de fibra óptica 1 hogar por fibra Servicios de más de 100 Mbps

Clasificación:

- ✓ **Propiedad Vertical**

Edificios Residenciales FTTB/FTTA

Edificios Oficinas FTTB

Centros Comerciales FTTC/FTTB

- ✓ **Propiedad Horizontal**

Zonas Residenciales FTTH

Barrios Privados FTTC

1.6 Servicio triple play

La red GPON es el tipo de red más utilizado en la actualidad para ofrecer el servicio de Triple Play, debido a la capacidad que tiene para realizar la convergencia de estos servicios. El objetivo técnico a conseguir es que estos servicios y cualquier otro que pudiera surgir en el futuro puedan funcionar sobre una única infraestructura y a su vez todos funcionen dentro de unos parámetros de calidad aceptables.

De esta forma sólo es necesario invertir en una única infraestructura para disfrutar de varios servicios distintos que hasta ahora solían tener infraestructuras propias. Desde el punto de vista estrictamente del negocio, el término Triple Play es un modelo que ofrece a las operadoras muchas ventajas, como: la fidelización de los clientes, la escalabilidad y amortización más rápida de su red y los flujos de caja. Los clientes se verán beneficiados por precios más competitivos, única factura, y mayor sencillez en las gestiones de incidencias (Millán, 2006, p.1)

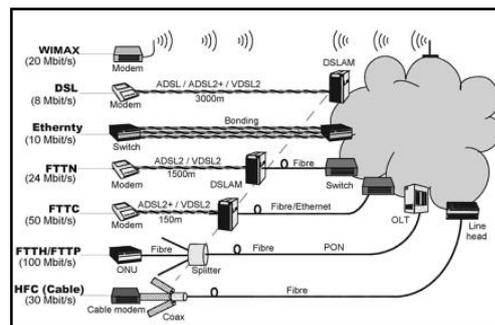


Figura 13-1 Servicios triple play

Fuente: http://www.eoi.es/blogs/mtelcon/files/2013/01/Triple_play2.png

1.6.1 Definición

Se denomina “triple play” a la provisión de dos servicios de banda ancha (acceso a internet de alta velocidad y televisión) y a uno de banda angosta (telefonía), sobre una única conexión de banda ancha. Se focaliza en un modelo de negocio combinando más que en una solución técnica o un estándar común (Venturino, 2008, p.4).

1.6.2 Descripción de los servicios

Los Servicios de telecomunicaciones que componen el paquete triple play son:

1.6.2.1 Internet

Se trata de un sistema de redes informáticas interconectadas mediante distintos medios de conexión, que ofrece una gran diversidad de servicios y recursos, se caracteriza por requerir unos anchos de banda bastante elevados. Hoy en día, los servicios más usados en Internet son:

El correo electrónico, la World Wide Web, o www como se suele abreviar, el FTP (File Transfer Protocol), los grupos de noticias son el servicio más apropiado para entablar debate sobre temas técnicos. El servicio IRC (Internet Relay Chat) que nos permite entablar una conversación en tiempo real con una o varias personas por medio de texto y los servicios de telefonía son las últimas aplicaciones que han aparecido para Internet (Pérez, 2000, p.1).

1.6.2.2 Voz

Sistema que permite la comunicación a distancia entre dos o más personas. La tecnología digital, permite usar servicios adicionales como Internet. Voz sobre el protocolo de Internet, es un servicio que hacen posible que la señal de voz viaje a través del Internet empleando el protocolo IP. Es decir, se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarlos de forma analógica a través de circuitos utilizables como es la telefonía convencional, como las redes PSTN. Los servicios de voz requieren la capacidad de 200 Kbps para la transmisión de servicios de la Voz.

1.6.2.3 Vídeo.

- **IPTV.** - Es el proceso de transmisión y emisión de programas de televisión a través de Internet utilizando el protocolo IP. Se refiere a la entrega de programas y vídeo bajo demanda (VOD), como programas de televisión y películas a través del Internet. IPTV da un servicio dinámico al usuario para mejorar la experiencia del usuario en comparación con una transmisión de televisión tradicional.

Una conexión de banda ancha se utiliza como el medio de transmisión de IPTV, es la entrega de vídeo codificada en una serie de paquetes IP. IPTV es distribuido por un proveedor de servicios y puede ser libre o basados en honorarios, se puede transmitir ya sea TV en directo o vídeo almacenado. Adicionalmente puede ser combinado con otros servicios de Protocolo de Internet, incluyendo VoIP y acceso a Internet de alta velocidad.

Es un servicio de televisión de pago que transmite la señal a través del cobre (ADSL) o Fibra Óptica (FFTH), pero a través de un circuito cerrado propiedad de las operadoras. Su gran ventaja, es que, en comparación a la TV Online, esta no va a sufrir cortes. Se puede ver al igual que se hace con la TV por cable o satélite de pago (Morales, 2010, p. 34).

- **CATV.** - Es un sistema de televisión por cable que recibe las transmisiones de televisión por antena y las retransmite por cable para los suscriptores de pago. Además de traer los programas de televisión a esos millones de personas en todo el mundo que están conectados a una antena comunitaria, TV por cable probablemente se convierta en una forma popular para interactuar con las otras nuevas formas de información multimedia y servicios de entretenimiento.
- **Televisión Online.** - Servicio que está disponible en línea, utiliza el protocolo de transmisión de datos TCP/IP, teniendo programación general para todos los usuarios. La Televisión por Internet hace que sea posible ver los mismos canales de televisión en un dispositivo conectado a Internet en lugar de cable, satélite, antena u otras tecnologías.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se abordan los aspectos metodológicos del proyecto, en el que se detallan los tipos de investigación, métodos y técnicas utilizadas, asimismo se describe la Metodología empleada en el desarrollo del diseño de la red de acceso GPON para la ESPOCH.

2.1 Metodología de investigación

La metodología de la investigación se realizó con la finalidad de obtener información necesaria y determinar aspectos importantes para el desarrollo de la red de acceso GPON en la ESPOCH.

2.1.1 *Tipos de investigación*

Para poder llevar a cabo un proyecto se debe realizar una excelente investigación para lo cual se hace uso de los diferentes tipos de investigación, en el presente trabajo se utilizó la investigación bibliográfica, descriptiva y de campo.

2.1.1.1 *Investigación Bibliográfica*

Este tipo de investigación constituye una excelente introducción a toda la investigación, en este proyecto se empezó con una amplia búsqueda de información acerca de los sistemas y tecnologías de las comunicaciones ópticas, centralizándonos en las redes GPON donde se efectuó un proceso sistemático y secuencial de recolección, selección, clasificación y análisis de contenido tanto físico y virtual de esta tecnología, lo que nos sirvió de fuente teórica, conceptual y metodológica.

2.1.1.2 *Investigación Descriptiva*

Esta investigación se basa en realidades de hechos y su objetivo principal es presentar una interpretación correcta. Se utilizó este tipo de investigación con el objetivo de llegar a conocer las situaciones y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos y procesos de la ESPOCH en lo que se refiere a TI, donde se describió de modo sistemático las características de la red actual de la ESPOCH.

Se recogió datos y se resumió la información de manera cuidadosa para luego analizarla, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan en este trabajo.

2.1.1.3 Investigación de campo.

Se acudió hasta el lugar del problema tanto para la obtención de información de la red actual de la ESPOCH, así como para la etapa de diseño de la nueva infraestructura de red GPON.

Se trabajó directamente en el entorno para la búsqueda de datos de la red de la institución asistiendo a la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación (DTIC) de la ESPOCH, donde nos proporcionaron la información necesaria para el desarrollo de este trabajo, de igual manera en la etapa de diseño de la red de acceso GPON se acudió a la institución, para realizar observaciones del área a cubrir con la nueva red, con el fin de obtener datos reales y más fiables.

2.1.2 Métodos de investigación

En este proyecto se empleó el Método lógico deductivo pues se siguió el procedimiento sintético-analítico; se presentaron conceptos, principios, definiciones, normas generales, de las que se extrajeron conclusiones. Se realizó el diseño de la red de acceso GPON para la ESPOCH sobre la base de las afirmaciones generales presentadas por la tecnología GPON y por medio del estudio y razonamientos se condujo a probarla y hacerla evidente.

2.1.3 Técnicas

Las técnicas de investigación comprenden un conjunto de procedimientos y herramientas para recoger, generar, analizar y presentar información válida, fiable y objetiva. Las técnicas que se utilizaron en este trabajo fueron la entrevista, revisión de registros y la observación.

2.1.3.1 Entrevista

Se utilizó la técnica de la entrevista con la finalidad de obtener información sobre la red actual de la Institución, y fue dirigida al Responsable del Área de Infraestructura y Redes del DTIC de la ESPOCH. La entrevista fue estructurada mediante un cuestionario previamente elaborado el cual se presenta en el anexo A.

2.1.3.2 Revisión de Registros

Esta técnica se empleó para conocer el comportamiento de la red existente de la institución y para reunir información necesaria y suficiente para el nuevo diseño de la red. Con la revisión de registros se pudo examinar y extraer datos de documentos escritos, virtuales, gráficas y estadísticas del comportamiento que presenta en años anteriores la red de la institución.

2.1.3.3 Observación

La técnica de la observación tiene por objetivo principal e inmediato recoger información del objeto que se toma en consideración. Por lo tanto, se tuvo que observar, analizar y realizar un diagnóstico del área donde se va a desarrollar el proyecto, información que es necesaria en la etapa de diseño.

2.2 Metodología del diseño de la red GPON.

El diseño de la red de acceso GPON para la ESPOCH se elaboró de acuerdo a los siguientes pasos:

- Análisis de la situación actual de la red existente en la ESPOCH
- Estudio de la demanda institucional.
- Dimensionamiento de la red.
- Determinación del tipo de arquitectura a utilizarse.
- Determinación del Ancho de Banda.
- Diseño lógico.
- Diseño físico.
- Cálculo del rendimiento del sistema.
- Evaluación del sistema utilizando el software Optisystem.
- Si el diseño propuesto satisface los requerimientos, se debe efectuar la implementación, de no ser así, reiterar los pasos anteriores hasta lograr lo esperado.

2.2.1 Situación actual de la red existente en la ESPOCH

La red de la ESPOCH contaba con un backbone de fibra óptica en la capa de distribución y cobre en la capa de acceso. Los principales problemas que existían era la limitación en el ancho de banda con el proveedor de servicios, saturación en los enlaces, baja seguridad, equipos antiguos y sin soporte, la calidad de los servicios no era excelente y varios lugares de la institución no contaban con internet inalámbrico.

Ya que se tenía una red que presentaba varios problemas la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación (DTIC) de la ESPOCH para dar solución a estos problemas, en abril del presente año, dio un cambio a la red institucional, actualmente, se tiene una red Ethernet Arquitectura en Capas que cuenta con un switch core (Nexus 9507) ,12 switches de distribución (cisco 3850) y varios switches de acceso (cisco 2960). Sin embargo, hoy en día existe un aumentó en la cantidad de usuarios y cada vez es más la necesidad de los usuarios de la ESPOCH acceder a mayor ancho de banda y a mejores servicios.

En este proyecto se propone una red óptica pasiva con capacidad de gigabit que al ser una red pasiva se eliminaran todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente, introduciendo en su lugar, componentes ópticos pasivos o divisores ópticos pasivos para guiar el tráfico de la red.

Se debe mencionar que la eficiencia que presentan las redes Ethernet es por debajo del 60% aproximadamente mientras que las redes pasivas tienen una eficiencia del 99%, lo que hace evidente que la implementación de redes GPON permitan prestar servicios de excelente calidad.

2.2.2 Estudio de la demanda institucional

La demanda de la institución está dada por el requerimiento del ancho de banda que poseen las diferentes Facultades y Departamentos que conforman la institución. De acuerdo a datos tomados por la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación (DTIC), se tiene un tráfico total de aproximadamente 400 Mbps en la ESPOCH.

Para realizar el diseño de la red, es necesario saber el tráfico promedio que poseen cada una de las facultades y departamentos de la ESPOCH. Por lo tanto, se utilizó la media aritmética (también llamado promedio) que es el valor característico de una serie de datos cuantitativos objeto de estudio que parte del principio de la esperanza matemática o valor esperado y se obtiene a partir de la suma de todos sus valores divididos para el número de sumandos.

Como ejemplo de este análisis se calculó el promedio del ancho de banda que consume la Facultad de Informática y Electrónica (FIE), para lo cual se sumó el tráfico por día y se dividió para el número de días en un mes, obteniendo un tráfico promedio igual a 82.259 Mbps como se presenta a continuación.

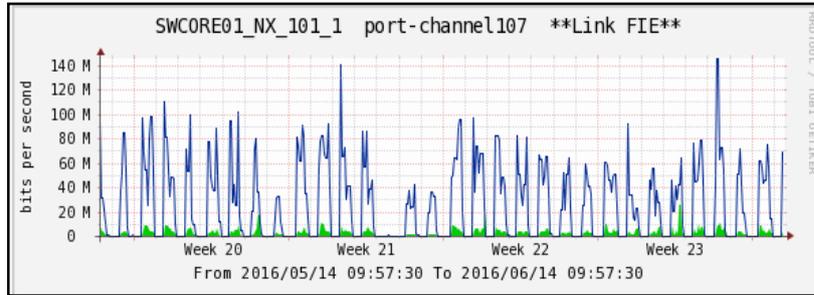


Figura 1-2 Tráfico de la FIE
Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tabla 1-2 Trafico Promedio FIE

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	TOTAL	PROMEDIO
FIE/Mbps	88	100	110	100	90	104	80	32	91	92	140	88	41	38	98	99	81	81	67	65	60	60	91	59	63	80	145,5	70	72	2385,5	82,259

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

De igual manera se hizo el mismo procedimiento para las diferentes Facultades y Departamentos de la ESPOCH y posteriormente se presenta el tráfico de la red de cada una de estas entidades con su respectivo Trafico Promedio.

TRÁFICO DE RED INSTITUCIONAL

TRÁFICO TOTAL

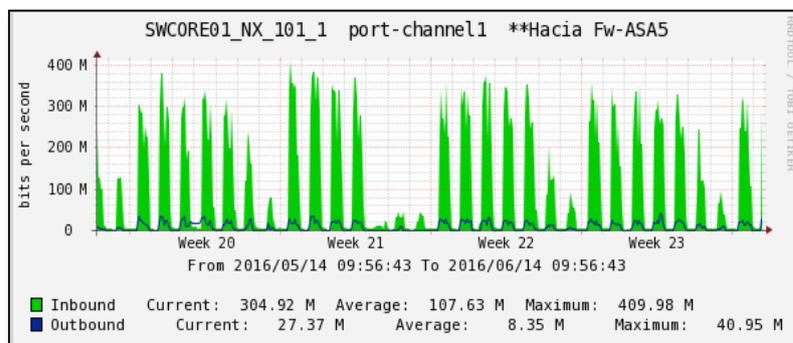


Figura 2-2 Tráfico Total
Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Rectorado

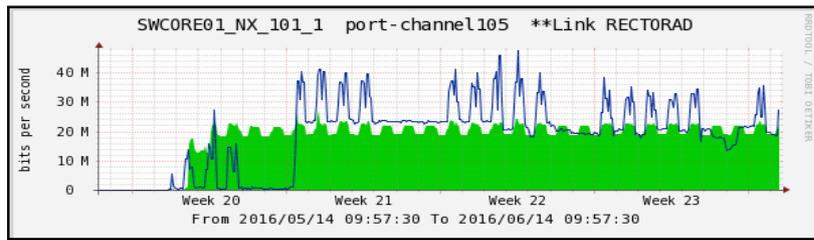


Figura 3-2 Tráfico-Rectorado

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tráfico promedio: 42.5 Mbps

Facultad de Informática y Electrónica (FIE)

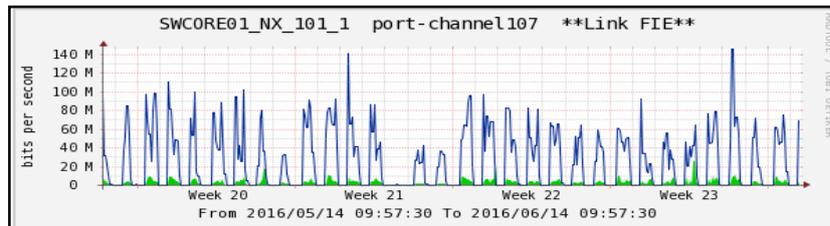


Figura 4-2 Tráfico de la FIE

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tráfico Promedio: 85.115 Mbps

Escuela de Ingeniería Electrónica (EIE)

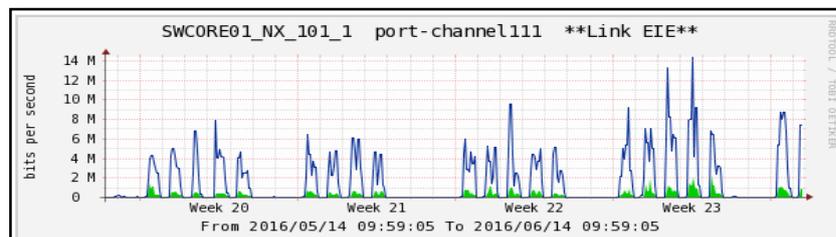


Figura 5-2 Tráfico de la EIE

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tráfico Promedio: 7.895 Mbps

Escuela de Ingeniería en Sistemas (EIS)

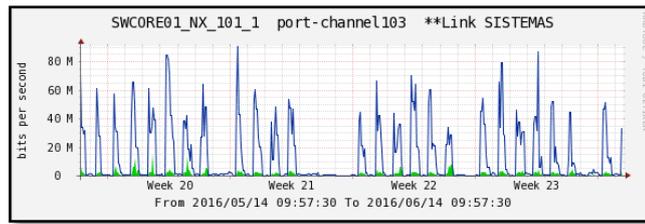


Figura 6-2 Tráfico de la EDG

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tráfico Promedio: 51.83 Mbps

Escuela de Diseño Gráfico (EDG)

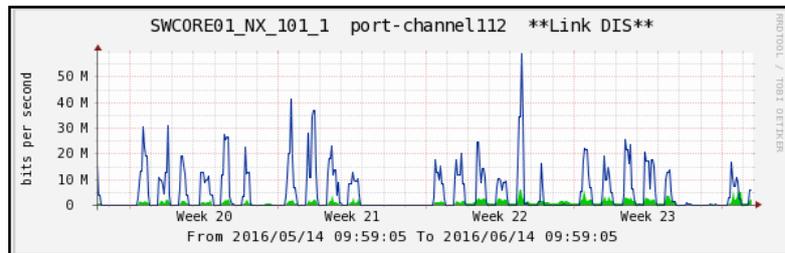


Figura 7-2 Tráfico de la EDG

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tráfico Promedio: 31.925 Mbps

Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP)

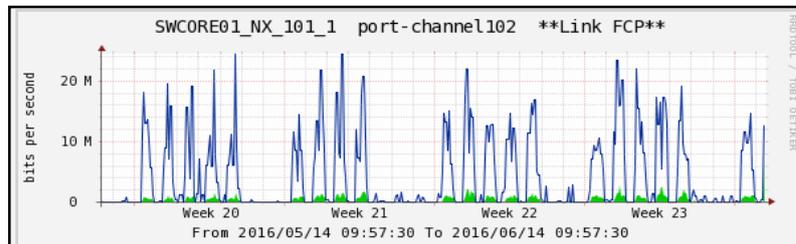


Figura 8-2 Tráfico de la FCP

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tráfico Promedio: 42.9 Mbps

Escuela De Medicina (EM)

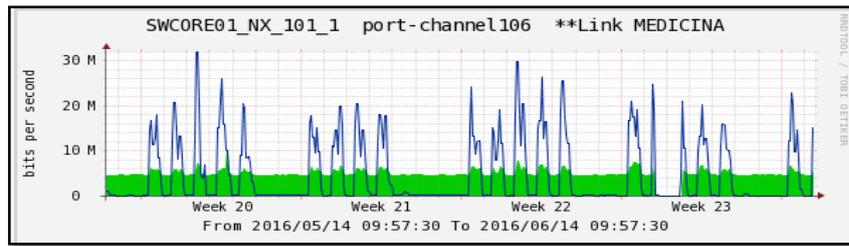


Figura 9-2 Tráfico de la EM

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tráfico Promedio: 18.265 Mbps

Facultad de Salud Pública (FSP)

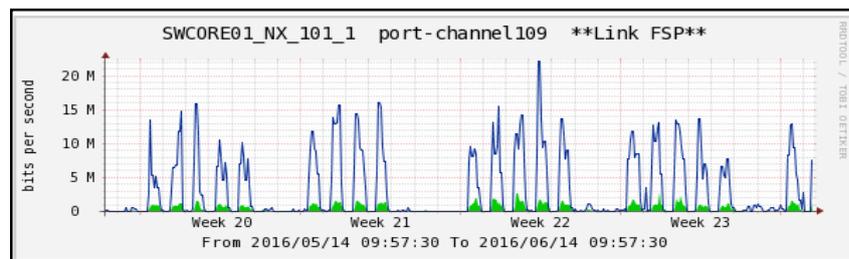


Figura 10-2 Tráfico de la FSP

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tráfico Promedio: 42.09 Mbps

Facultad de Mecánica (FM)

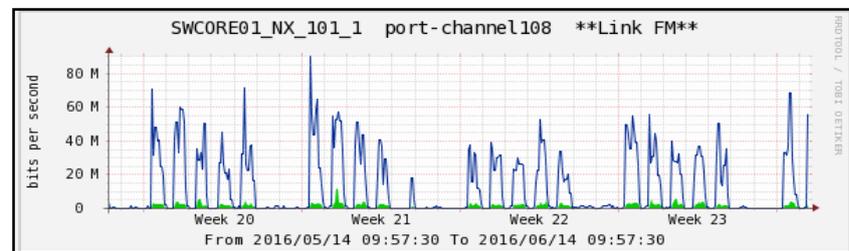


Figura 11-2 Tráfico de la FM

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tráfico Promedio: 189 Mbps

Facultad de Administración de Empresas (FADE)

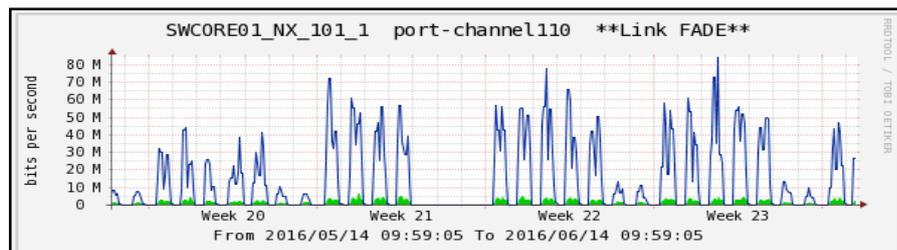


Figura 12-2 Tráfico-FADE

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

Tráfico Promedio: 120.10 Mbps

Demás Dependencias

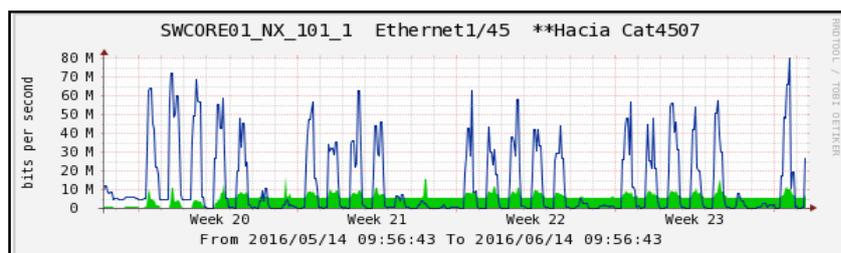


Figura 13-2 Tráfico demás dependencias

Fuente: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la ESPOCH.

- **Facultad de Recursos Naturales (FRN)**

Tráfico Promedio: 49.8 Mbps

- **Facultad de Ciencias (FC)**

Tráfico Promedio: 126.7 Mbps

- **Centro de Idiomas y Vinculación.**

Tráfico Promedio: 40 Mbps

Tráfico Promedio: 216.5 Mbps

En la siguiente tabla se presenta un resumen del tráfico promedio de las diferentes Facultades y Departamentos que forman la ESPOCH.

Tabla 2-2 Tráfico Promedio ESPOCH

FACULTADES	Demanda (Tráfico)	OBSERVACIONES
Facultad de Informática y Electrónica	85.115 Mbps	Edificio FIE
	7.895 Mbps	Edificio de la escuela de Ingeniería Electrónica
	51.83 Mbps	Edificio de la escuela de Ingeniería en Sistemas
	31.925 Mbps	Edificio de la escuela de Diseño Gráfico.
Facultad de Ciencias Pecuarias	42.9 Mbps	Tráfico total que presentan 2 escuelas que forman la FCP con un total de 3 edificios.
Facultad de Mecánica	189Mbps	Tráfico total que presentan 4 escuelas que forman la FM con un total de 7 edificios.
Facultad de salud publica	42.09Mbps	Tráfico total que consumen FSP excepto la Escuela de Medicina.
Escuela De Medicina	18.265 Mbps	
Facultad de Administración de Empresas	120.10 Mbps	Tráfico total que presenta 5 escuelas que forman la FADE con un total de 8 edificios.
Facultad de Recursos Naturales	49.8Mbps	Tráfico total que presenta 3 escuelas que forman esta Facultad.
Facultad de Ciencias	126.7Mbps	Tráfico total que presentan 4 escuelas que forman la FC con un total de 7 edificios.
Otros	40Mbps	Centro de Idiomas y Vinculación.
Departamentos-Rectorado	42.5Mbps	Tráfico total que presentan 3 entidades

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

2.2.3 Dimensionamiento de la red

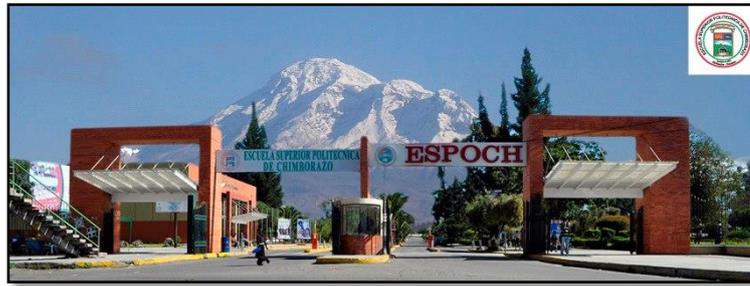


Figura 14-2 ESPOCH

Fuente: <http://bibliolatino.com/portadas/ESPOCH/1.jpg>

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se encuentra en la ciudad de Riobamba, Panamericana sur Km 1 ½ entre Av. Canónigo Ramos y Av. 11 De noviembre. A continuación, se observa en la figura el área a cubrir con la red de acceso GPON la cual está delimitada por una línea de color amarilla, tiene aproximadamente una superficie de 1,38km y una distancia total de 4,85 Km.

ESPOCH

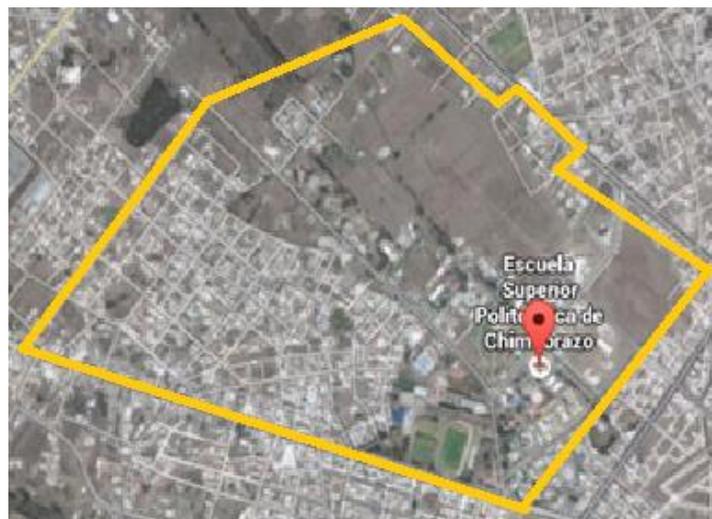


Figura 15-2 Delimitación del área de cobertura

Fuente: <http://jiiisicceis15.ESPOCH.edu.ec/images/map.jpg>

La institución está formada por siete Facultades, diferentes organizaciones y brinda varios servicios como se detalla a continuación:

- **Facultades**
 - Facultad de Administración de Empresas
 - Facultad de Ciencias
 - Facultad de Informática y Electrónica
 - Facultad de Mecánica
 - Facultad de Recursos Naturales

- Facultad de Ciencias Pecuarias
- Facultad de Salud Pública
- **Centros De Investigación**
- **Departamentos**
 - Centro de Educación Física, vinculación y Recreación
- **Extensiones**
- **Organizaciones**
 - Federación de Estudiantes Politécnicos
 - Club de Becarios
 - Asociación de Profesores
 - Club de Empleados
 - Asociación de Empleados
 - Sindicato de Obreros
- **Servicios**
 - Plan de Estratégico
 - IPEC - Instituto de Posgrado y Educación Continua
 - Talento Humano
 - Sistema e-Salud

2.2.4 Determinación del tipo de arquitectura a utilizarse

Para el diseño de una red GPON se cuenta con diferentes tipos de arquitecturas para la distribución de la información a los usuarios, las más utilizadas son: el tendido de fibra óptica hasta el hogar (FTTH), fibra hasta el edificio (FTTB), fibra hasta el armario externo (FTTC) y fibra hasta el nodo (FTTN) donde la fibra óptica termina en una central del operador de telecomunicaciones.

Para el presente proyecto después de realizar un análisis se optó por una arquitectura FTTB como el tipo de red a utilizarse para la ESPOCH, por lo tanto, se llegará con la tecnología GPON hasta la entrada de los diferentes edificios que forman la ESPOCH y se reutilizará la red interna de cobre del edificio.

La red GPON con arquitectura FTTB es un sistema capaz de ofrecer al usuario altas capacidades de transmisión, permitiendo acceder al servicio de triple play (voz, video y datos), y al mismo tiempo son redes menos costosas que las redes FTTH, por lo que se ha considerado como la mejor opción para la ESPOCH, pues no es factible cambiar todo el equipo actual. Además, se debe mencionar que la red interna de los edificios no presenta grandes problemas lo que hace factible este diseño, permitiendo brindar un buen servicio a toda la institución.

Con este diseño se propone a la ESPOCH una Red compuesta en su mayoría por elementos ópticos que no disponen de circuitos eléctricos, electrónicos o conexión a la red eléctrica para su funcionamiento, necesitando solamente de equipos activos en ambas puntas para general la señal óptica.

2.2.5 Determinación del Ancho de Banda

Para conocer el número y nivel de splitter que se utilizará en el diseño de la red GPON, se procedió a realizar la determinación del ancho de banda que se asignará de acuerdo a las necesidades que presenta cada Facultad y Departamento de la ESPOCH, en donde se utilizó la siguiente formula:

$$AB = AB (GPON) * RELACION SPLITER$$

Tecnología GPON: 2.4 Gbps.

Relación de splitter: 1/2, 1/4, 1/8... 1/128.

El cálculo corresponde a la multiplicación del ancho de banda que ofrece la tecnología GPON por la relación de splitter, donde se consideró que el ancho de banda que posee cada hilo de fibra debe satisfacer óptimamente a cada Facultad y Departamento de la ESPOCH.

Para el presente diseño se optó por una red simétrica por lo tanto se empleará el valor de 1.2 Gbps en los siguientes cálculos:

2.2.5.1 Ancho de banda del primer nivel de splitter

Para conocer el tipo de splitter que se utilizara en el primer nivel de spliteo, así como el ancho de banda que este tendrá, se tomó en consideración a la entidad que posea el mayor tráfico de red de la ESPOCH, en el apartado 2.2.2 podemos observar que el edificio de la Facultad de Informática y Electrónica (FIE) es el que *mayor* ancho de banda consume con un promedio de 85.115 Mbps, por lo tanto, este valor será analizado en el siguiente calculo.

Tecnología GPON: 1.2 Gbps.

Relación de splitter: En este análisis se partirá desde la relación de 1/32 hilos de fibra que es el tipo de splitter que encontramos en el mercado, aunque el sistema está preparado para dar servicio a 128 usuarios.

$$AB = \frac{\text{Dowstream}}{\text{\#De hilos de fibra}}$$

$$AB = \frac{1.2 \text{ Gbps}}{32} = 37,5 \text{ Mbps}$$

$$AB = \frac{1.2 \text{ Gbps}}{16} = 75 \text{ Mbps}$$

$$AB = \frac{1.2 \text{ Gbps}}{8} = 150 \text{ Mbps}$$

El ancho de banda que satisface óptimamente a la Facultad de Informática y Electrónica es 150 Mbps, por consiguiente, se utilizará un splitter de tipo 1:8 en el primer nivel de splitteo.

Posteriormente se analizó el ancho de banda de las demás Facultades y Departamentos de la ESPOCH y se eligió un segundo splitter de tipo 1:8 con el que se cubriría a casi toda la institución y adicionalmente se tendría dos hilos de fibra de 150 Mbps cada uno, reservados para el crecimiento de la red. En la tabla 3-2 se resume el tipo y la cantidad de splitter utilizados en el primer nivel de splitteo.

Tabla 3-2 Primer nivel de splitter

Cantidad	Tipo	Ancho de Banda
2	1:8	150Mbps c/u

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

2.2.5.2 Ancho de banda del segundo nivel de splitter.

Ahora el valor de dowstream en las siguientes formulas es de 150Mbps por tratarse de la segunda subdivisión.

$$AB = \frac{\text{Dowstream}}{\text{\#de hilos de fibra}}$$

$$AB = \frac{\text{Dowstream}}{\text{\#de hilos de fibra}}$$

$$AB = \frac{150 \text{ Mbps}}{4} = 37.5 \text{ Mbps}$$

$$AB = \frac{150 \text{ Mbps}}{2} = 75 \text{ Mbps}$$

De acuerdo al tráfico que poseen las diferentes entidades de la ESPOCH para el segundo nivel de splitter después de realizar un análisis se obtuvo un total de 12 splitter de tipo 1:4 con un ancho de banda de 37.5Mbps por cada hilo de fibra y 1 splitter de tipo 1:2 un ancho de banda de 75Mbps. En la tabla 4-2 se muestra el número y el tipo de splitter a utilizar en este nivel.

Tabla 4-2 Segundo nivel de splitter

Cantidad	Tipo	Ancho de Banda
12	1:4	36,5 Mbps c/u
1	1:2	72 Mbps c/u

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

2.2.6 Diseño lógico de la red GPON

Después de conocer el número y el tipo de splitters que se utilizará en el diseño de la red, se presenta el diagrama lógico de la red GPON en la ESPOCH.

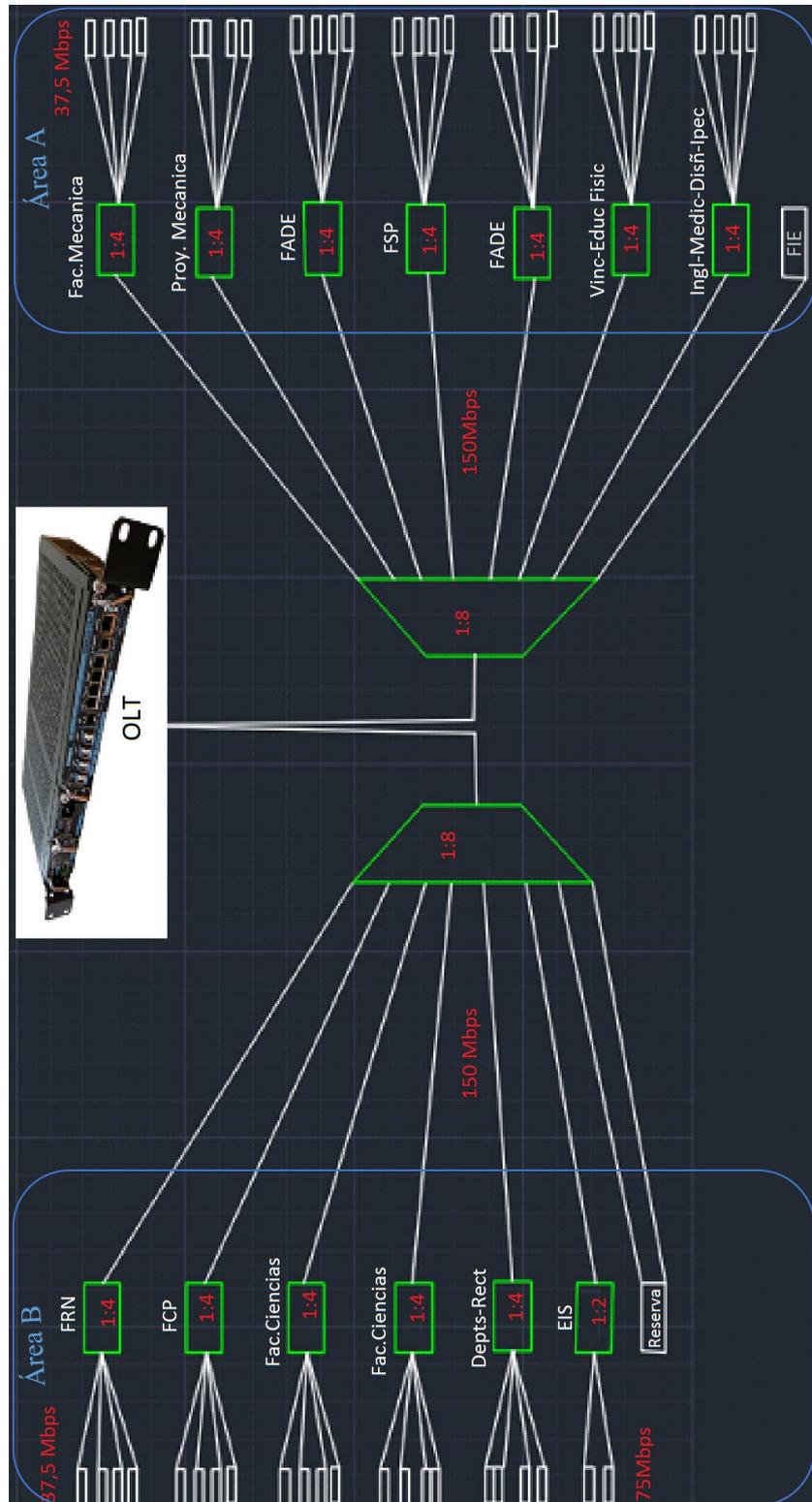


Figura 16-2 Diseño lógico de la red GPON para la ESPOCH

Fuente: Autor de la investigación.

La red GPON para la ESPOCH parte desde una miniOLT que se ubicó en el DTIC de la ESPOCH y posteriormente se tiene el primer nivel de spliteo formado por dos splitter de tipo 1:8, cada uno de los splitter distribuye a un área que se encuentra especificada en la tabla 5-2 y 6-2.

El primer splitter de tipo 1:8 dará servicio a un área denominada “Área A”, en donde sus 8 hilos de fibra fueron asignados de la siguiente manera: del primero al séptimo hilo de fibra se tiene una *subdivisión* de splitter de 1:4 con lo que se tendría un ancho de banda de 37,5 Mbps por cada hilo de fibra, el último hilo de fibra no posee una subdivisión y fue asignado a la Facultad de Informática y Electrónica (FIE) con un ancho de banda igual a 150Mbps.

Tabla 5-2 “Área A” a cubrir con la red GPON

N°	splitter de 1er nivel	splitter de 2do nivel	ENTIDADES
1	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5Mbps 37,5Mbps 37,5 Mbps	Edificio del IPEC Escuela de Diseño Gráfico Escuela de Medicina Centro de Idiomas.
2	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5Mbps 37,5Mbps 37,5 Mbps	Edificios de la Facultad de Mecánica.
3	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5Mbps 37,5Mbps 37,5 Mbps	Edificios nuevos de la Facultad de Mecánica.
4	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5Mbps 37,5Mbps 37,5 Mbps	Edificios de la Facultad de Administración De Empresas.
5	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5Mbps 37,5Mbps 37,5 Mbps	Edificios de la Facultad de Salud Pública.
6	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5Mbps	Edificios nuevos de la Facultad

		37,5Mbps 37,5 Mbps	de Administración De Empresas
7	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5Mbps 37,5Mbps 37,5 Mbps	Edificios del departamento de Vinculación y Educación Física.
8	150 Mbps	-	Edificio de la Facultad de Informática y Electrónica

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

El segundo splitter de tipo 1:8 será utilizado para dar servicio a una segunda área denominada “Área B”, donde sus 8 hilos de fibra fueron asignados de la siguiente manera: del primero al quinto hilo de fibra se tiene una *subdivisión* de splitter de 1:4 con lo que se tendría un ancho de banda de 37,5 Mbps por cada hilo de fibra, el sexto hilo de fibra posee una *subdivisión* de splitter de 1:2 con lo que se tiene un ancho de banda de 75 Mbps por cada hilo de fibra, los dos hilos de fibra restantes fueron reservados para el crecimiento de la red.

Tabla 6-2 “Área B” a cubrir con la red GPON.

N°	splitter de 1er nivel (Mbps)	splitter de 2do nivel (Mbps)	ENTIDADES
1	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5 Mbps 37,5 Mbps 37,5 Mbps	Edificios de Facultad de Recursos Naturales.
2	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5 Mbps 37,5 Mbps	Edificios de la Facultad de Ciencias Pecuarias.
3	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5 Mbps 37,5 Mbps	Edificios nuevos de la Facultad de Ciencias
4	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5 Mbps	Edificios de la

		37,5 Mbps 37,5 Mbps	Facultad de Ciencias
5	150 Mbps	37,5 Mbps 37,5 Mbps 37,5 Mbps 37,5 Mbps	Rectorado, Biblioteca General, Otros
6	150 Mbps	75 Mbps 75 Mbps	Edificio de la Escuela de Ingeniería en Sistemas. (EIS)
7	150 Mbps	150 Mbps	Reservado para el crecimiento de la red.
8	150 Mbps	150 Mbps	Reservado para el crecimiento de la red.

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS

3.1 Diseño físico de la red de acceso GPON en la ESPOCH

Con el presente proyecto se pretende diseñar una Red de acceso GPON que permita cubrir a toda la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo ofreciendo calidad y servicios superiores a la red actual. Es por ello que, partimos de la premisa de poder ofrecer servicios de Triple-Play, es decir, conexión telefónica, video e Internet. Con el nuevo diseño de red se pretende disminuir la cantidad de dispositivos activos con lo que se tendría una transmisión eficiente, asimismo se busca que la red al momento de implementarse resulte óptima y económica.

Para desarrollar el diseño de la Red de acceso GPON para la ESPOCH se utilizó el software AutoCAD 2016, el que está formado por la Red Feeder, Red de Distribución y Red de Dispersión, además fue necesario proyectar la construcción de una red de canalización en el segmento de la Red Feeder.

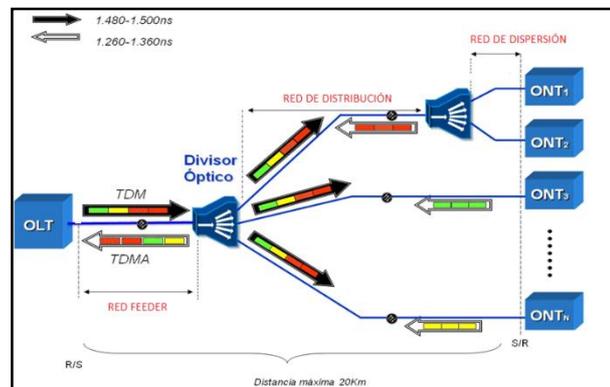


Figura 1-3 Partes de la red GPON

Fuente: <http://www.en.zte.com.cn/endata/magazine/technologies/2009year/no9/articles/201001/.jpg>

En la figura 1-3 se presenta cómo está estructurada la red y posteriormente se describe los componentes que forman el diseño de la red de acceso GPON.

3.1.1 Red Feeder

La red feeder comprende los cables de fibra óptica de gran capacidad que parten desde la OLT hasta el primer nivel de splitter.

En el presente diseño el cable de fibra óptica troncal o FT01 denominado ESPOCH.FT01, se instaló de forma canalizada, partiendo desde la OLT que se encuentra ubicada en el DTIC de la ESPOCH hasta un pozo proyectado denominado PZ_01 ubicado a pocos metros del edificio DTIC, en el pozo PZ_01 se colocó una manga troncal MT01 en el que se aloja 2 splitters primarios de tipo 1:8.

La manga MT01 es de 96 hilos de capacidad, en donde se ingresó un cable Feeder de 12 hilos de fibra óptica, de la Manga se derivará los cables de distribución para las cajas ópticas, en nuestro caso NAPs aéreas. En la siguiente grafica podemos observar lo descrito anteriormente.

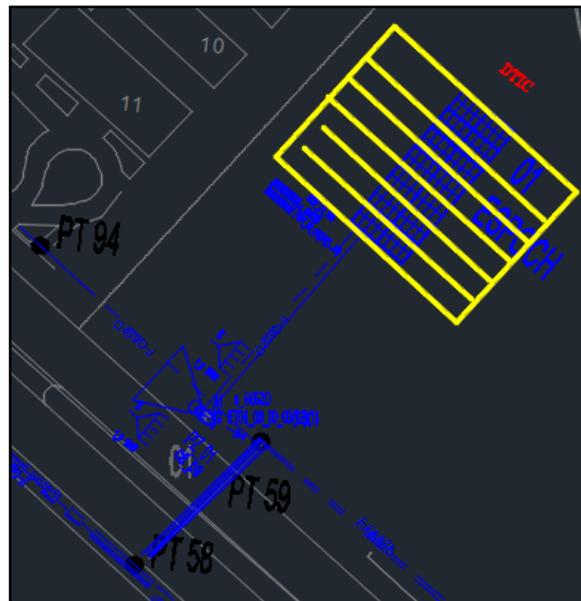


Figura 2-3 Reed Feeder
Fuente: Autor de la investigación

3.1.2 Red de Distribución

De la manga troncal proyectada MT01 ubicada en el pozo PZ_01, se proyecta una subida a poste con diferentes cables de fibra óptica de 6 y 12 hilos de tipo G652D en dirección a las cajas de distribución ópticas (Naps) ubicadas en los diferentes postes existentes dentro de las instalaciones de la "ESPOCH". En las cajas de distribución (Naps) se alojarán los splitters secundarios que servirán para dar servicio a las diferentes facultades según la demanda estudiada de cada escuela. Con los hilos salientes del primer splitter de 1:8 ubicados en la manga troncal, se dará servicio a una serie de Naps denominadas serie "A" Y "B", como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1-3 Naps serie "A" Y "B"

NAPs	POSTE ELÉCTRICO EXISTENTE
NAP A1 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT78
NAP A2 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT44
NAP A3 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT111
NAP A4 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT112
NAP B1 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT35
NAP B2 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT94
NAP B3 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT84
NAP B4 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT83

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

Con los hilos salientes del segundo splitter de 1:8 ubicados en la manga troncal, se dará servicio a otra serie de Naps denominadas serie "C" Y "D" conformada por 5 Naps como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2-3 Naps serie "C" Y "D"

NAPs	POSTE ELÉCTRICO EXISTENTE
NAP C1 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT07
NAP C2 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT11
NAP C3 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT16
NAP C4 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT53
NAP D1 de 12 puertos	Poste eléctrico existente PT103

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

En la siguiente figura se observa una pequeña parte de la red de distribución que parte desde la manga MT01 con fibra G652D hasta la NAP B4 ubicada en el poste eléctrico existente PT83, también se puede observar una segunda NAP denominada B3 ubicada en el poste eléctrico existente PT84.



Figura 3-3 Red de Distribución

Fuente: Autor de la investigación

3.1.3 Red de Dispersión

La red de Dispersión comprende el tendido del cable de acceso (G657A) desde la caja terminal (NAPs), hasta la roseta óptica del edificio. El cable de fibra será desplegado a través de la infraestructura de ingreso proyectada hacia el interior del edificio, sean estas escalerillas o ductos (manguera negra reforzada de 32mm - 1”), todo esto en conformidad con los requisitos exigidos por la administración de la red.

En la Roseta óptica se empleará el filamento del cable drop acometida, con el filamento del pigtail conectorizado con un terminal SC-APC hembra incorporado en la roseta. La ubicación final de la roseta, tendrá como criterio, la distancia del jumper que provee la ONU; por lo tanto, la roseta no deberá quedar a más de dos metros (2mts.) de la ubicación definitiva del terminal ONU.



Figura 4-3 Red de Dispersión
Fuente: Autor de la investigación

3.1.4 Red de canalización

Fue necesario realizar la construcción de una red de canalización en el segmento de la Red Feeder para brindar seguridad al cable de fibra óptica troncal, por lo que se proyectó la construcción del canal con tubería tipo PVC de 4" (110mm) de diámetro – 2 vías, como podemos observar en la siguiente imagen.

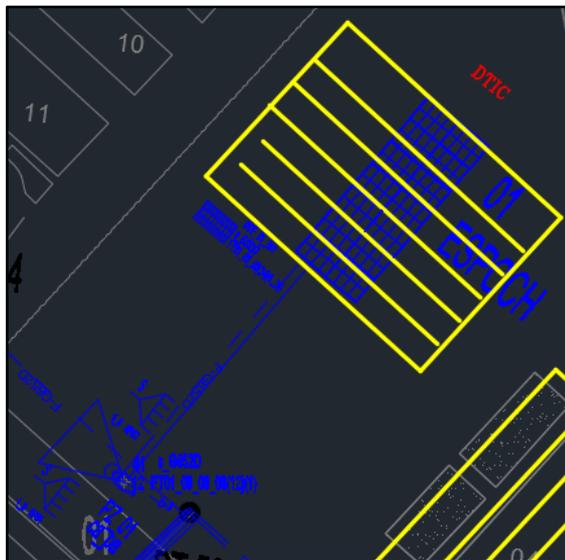


Figura 5-3 Red de Canalización
Fuente: Autor de la investigación

El diseño completo de la Red de acceso GPON para la ESPOCH se presenta en el anexo B, además se muestra el diseño de la Red Feeder, Red de Distribucional, Red de Dispersión y Red de Canalización.

3.1.5 Presupuesto óptico

Los elementos que se consideran en el presupuesto óptico, son aquellos que aportan a la atenuación de la señal estos son: los ODFs, los conectores, las fusiones, los splitters cuya atenuación depende del número de puertos en que se divida la señal; y la Fibra Óptica propiamente dicha, cuya atenuación depende de la longitud de onda de medición.

La atenuación máxima de la red de distribución óptica no debe sobrepasar los 28 dB. Esta restricción obedece a los umbrales de sensibilidad de los equipos OLT y ONT, para lo cual se analiza en este proyecto el mejor y peor de los casos. Los valores umbrales que fueron detallados se basan en la Norma ITU-T G.984 que define las redes ópticas pasivas con capacidad de gigabit (GPON).

Asimismo, se establece un margen de resguardo de 3dB que tiene por objetivo absorber un aumento en la atenuación de las ODNs por posibles modificaciones que se presenten a futuro en el tendido de la red. A continuación, se presenta el usuario más cercano que representa el edificio de la Facultad de Informática y Electrónica y el usuario más lejano el edificio de la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo.

Facultad de Informática y Electrónica



Figura 6-3 Usuario más Cercano

Fuente: Autor de la investigación

Escuela de Ingeniería en Ecoturismo



Figura 7-3 Usuario más Lejano

Fuente: Fuente: Autor de la investigación

3.1.5.1 Usuario más cercano

El usuario más cercano representa el edificio de la Facultad de Informática y Electrónica (FIE) a una distancia de 0,168 Km de la OLT, seguidamente se presenta el Presupuesto Óptico:

Tabla 3-3 Presupuesto óptico usuario más cercano

PLANTILLA DE PRESUPUESTO ÓPTICO				
MODELO Masivos/Edificios SPLITTER FUSIONADO				
<i>Manga de Distribución Óptica:</i>			1995.FT01_XX_A1	
<i>MARGEN DE ATENUACION MAXIMO ESTABLECIDO:</i>			25 dB	
dB BUDGET				
ESPOCH/FIE				
ELEMENTO	Cantidad	Atenuación típica Att(dB)	Total, Att(dB)	
Fusion splices ITU751=0.1DB AVERGE	5	0,10	0,50	
Conectores (MATED) ITU671=0.5dB	7	0,50	3,50	
Empalmes mecánicos ITU 751=0.3dB promedio		0,30	0,00	
Splitters	1x2		3,50	0,00
	1x4		7,00	0,00
	1x8	1	10,50	10,50
	1x16		14,00	0,00
	1x32		17,50	0,00
Fibras longitudes de onda	1x64		21,00	0,00
	1310nm	0,168	0,35	0,059
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL (dB)			15,259	
Calculo con Máximo DROOP		Feeder	0,010	Km
		Distribución	0,158	Km
		TOTAL	0,168	Km

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

Ventana 1310nm=**15,259 dB**

3.1.5.2 Usuario más lejano

El usuario más lejano está representado por el edificio de la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo (EIE) a una distancia de 0,931 Km de la OLT a continuación, se presenta el Presupuesto Óptico:

Tabla 4-3 Presupuesto óptico usuario más lejano

PLANTILLA DE PRESUPUESTO ÓPTICO				
MODELO Masivos/Edificios SPLITTER FUSIONADO				
<i>Manga de Distribución Óptica:</i>				1995.FT01_XX_A1
MARGEN DE ATENUACION MAXIMO ESTABLECIDO:				25 dB
dB BUDGET				
ESPOCH/EIE				
ELEMENTO		Cantidad	Atenuación típica Att(dB)	Total, Att(dB)
Fusion splices ITU751=0.1DB AVERGE		5	0,10	0,50
Conectores (MATED) ITU671=0.5dB		7	0,50	3,50
Empalmes mecánicos ITU 751=0.3dB promedio			0,30	0,00
Splitters				
	1x2		3,50	0,00
	1x4	1	7,00	7,00
	1x8	1	10,50	10,50
	1x16		14,00	0,00
	1x32		17,50	0,00
	1x64		21,00	0,00
Fibras longitudes de onda				
	1310nm	0,931	0,35	0,326
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
TOTAL (dB)				21,826
Calculo con Máximo DROOP		Feeder	0,010	Km
		Distribución	0,921	Km
		TOTAL	0,931	Km

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

Ventana 1310nm=**21,826 dB**

3.1.6 Equipos Activos para la red GPON

Con la finalidad de adquirir los equipos Activos para la red GPON se presenta varias características técnicas de tres marcas reconocidas como es la empresa Huawei, Telnet y D-Link que ofrecen una solución GPON (Olt-Ont) los cuales ofrecen equipos de última generación con versiones y aplicaciones más recientes. Los equipos a utilizar deberán presentar una sensibilidad que se ajuste al margen permitido por la norma ITU-T G.984.2 *Class B+*. En la siguiente tabla se especifica los valores máximos y mínimos de sensibilidad para estos equipos.

Tabla 5-3 ITU-T G.984.2 Class B+

ITU-T G.984.2 Class B+		
Parámetros	Downstream	Upstream
Ventana de Tx	1480-1500 nm	1260-1360 nm
Longitud de onda central	Tx: 1490 nm	Rx: 1310 nm
Velocidad de Tx	2.5 Gbps	1.2 Gbps
Potencia de Tx	-1.5 dBm a 5 dBm	
Máxima sensibilidad de recepción	-28 dBm	
Mínima sensibilidad de recepción	-10 dBm	
Relación de extinción	10 dB	
Sobrecarga mínima	-8 dBm	
Máxima distancia de Tx	20 Km	

Fuente: LENG, Lufeng 2012

3.1.6.1 Huawei

Huawei MA5608T - Mini OLT



Figura 8-3 Mini OLT MA5608T

Fuente: <http://sc02.alicdn.com/kf/Huawei-MA5608T-MINI-OLT-With-AC-DC.jpg>

Los SmartAX MA5608T es un producto de acceso óptico integrados de la red óptica pasiva gigabit (GPON). Cuenta con el primer terminal de línea óptica (OLT) de agregación de la industria; integra capacidades ultra elevadas de agregación y conmutación, admite una capacidad de panel de interconexión posterior de 3,2 T, una capacidad de conmutación de 960 G, 512 000 direcciones MAC y un máximo de 44 canales de acceso 10 GE o 768 puertos GE. En la tabla 6-3 se presenta las características del producto.

Tabla 6-3 Características Huawei MA5608T

	<ul style="list-style-type: none"> • 16 ports per card or 8 ports per card
GPON	<ul style="list-style-type: none"> • Robust Compliance to G.984 Series standards with 2.5/1.2 Gbps downstream and 1.2Gbps line speed performance
	<ul style="list-style-type: none"> • Support for B+ or C+ optical modules (SFPs) with max 40km differential distance
	<ul style="list-style-type: none"> • Up to 1:128 split ratio per GPON port
	<ul style="list-style-type: none"> • Optical Power Monitoring, Real Time Rogue ONT detection/isolation
	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ports per card
XG-PON1	<ul style="list-style-type: none"> • Fully compatible with GPON - compliance G.987 Series standards with 10/2.5 Gbps line speed performance
	<ul style="list-style-type: none"> • Supports XFP optical modules
	<ul style="list-style-type: none"> • 48 VDSL2 and POTS integrated ports with up to 17a profile
	<ul style="list-style-type: none"> • Two-pair bonding for maximum speed
	<ul style="list-style-type: none"> • G.INP (G.998.4) support for re-transmission at the physical layer
VDSL2+POTS Combo	<ul style="list-style-type: none"> • Built-in support for SELT, DELT, and MELT
	<ul style="list-style-type: none"> • POTS line Loop-Start Operation
	<ul style="list-style-type: none"> • Ringing Mode – Balanced ringing with -15VDC offset on “Ring”
	<ul style="list-style-type: none"> • Multiple CODECs – G.711 (μ-Law and A-Law), G.729, G.723, G.726

Fuente: Huawei. 2014 (Catalogo Huawei MA5608T Copyright © Huawei Technologies)

El OLT MA5608T Mini está diseñado para hacer frente a la premisa de fibra (FTTB/FTTC) o escenarios de despliegue de fibra profunda donde un chasis grande OLT puede no ser el mejor ajuste por una variedad de razones. En la siguiente tabla se muestra las especificaciones del Producto.

Tabla 7-3 Especificaciones Huawei MA5608T

Powering Options	DC: -38.4VDC to -72VDC; AC: 100V to 240V
Dimensions (Height x Width x Depth)	3.47in x 17.4in x 9.63in
Operating Temperature	-40° F to +149° F
Storage Temperature	-40° F to +158° F
Cooling	Two multispeed fans, providing left to right forced air flow
Weight	7.8 lbs (3.55 kg) empty
Operating Humidity	5% to 85%, non-condensing, Altitude: 197 ft (60 m) below sea level to 13,123 ft (4,000 m) above sea level
Regulatory and Safety	UL listed, FCC, NEBS Level 3

Fuente: Huawei. 2014 (Catalogo Huawei MA5608T Copyright © Huawei Technologies)

Precio: \$ 4100,00

ONU MA5616



Figura 9-3 ONU SmartAX MA5616

Fuente: <https://sc01.alicdn.com/kf/huawei-smartax-ma5616-ip-dslam-48-ports.jpg>

Los dispositivos SmartAX MA5616 es una unidad de red óptica (ONU) líder en la industria que cuenta con una amplia variedad de tipos de puertos y permite múltiples servicios. Este producto de acceso de alta densidad proporciona servicios de banda ancha para FTTC (fibra hasta el punto de acometida) y FTTB (fibra hasta el edificio) o servicios de líneas arrendadas corporativas en la red óptica pasiva (PON). La siguiente tabla se muestra las especificaciones del equipo ONU SmartAX MA5616.

Tabla 8-3 Especificaciones SmartAX MA5616

Especificaciones	MA5616 (tarjeta de control CCUB)
Dimensiones (altura x ancho x profundidad)	88,1 mm x 442 mm x 245 mm
Entorno operativo	-40 °C a +65 °C 5 % a 95 % de humedad relativa
Alimentación	CA: 220 V/110 V CC: -48 V
Puertos de red	Modos de configuración disponibles: 1 x GPON + 1 x GE 2 x GE
Puertos de usuario	ADSL2+, VDSL2, POTS, G. SHDSL, ISDN
Protección contra sobre corriente	GE/FE: 6 kV POTS: 4 kV
Peso	4,8 kg (chasis vacío) 7,2 kg (configuración máxima)

Fuente: Huawei. 2014 (Catalogo SmartAX MA5616 Copyright © Huawei Technologies)

Precio: \$ 180,00

3.1.6.2 Telnet

Smart OLT



Figura 10-3 Smart OLT

Fuente: http://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2015/01/SmartOLT_v2.jpg

El equipo inteligente OLT está diseñado para los operadores que deseen poner en práctica la tecnología GPON y al mismo tiempo controlar los costos de implementación o porque se trate de brindar este servicio a pequeñas áreas. Con un presupuesto de apertura mínima, el Smart OLT permite al operador servir a sus clientes, y posee la capacidad de ampliar las características del equipo para el incremento de los suscriptores. Esto es posible gracias a tres características únicas: la modularidad de puertos de enlace ascendente GbE y 10G, su capacidad de agregación de tráfico Ethernet y la arquitectura de gestión centralizada que proporciona el sistema de gestión de la plataforma TELNET GPON. En la siguiente tabla se presenta las principales características de la SmartOLT.

Tabla 9-3 Características SmartOLT

Características Generales	Características Ethernet/GPON	Interfaces
Equipo de cabecera para redes GPON	Totalmente compatible con ITU-T G984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.988 Gestión remota de ONUs vía OMCI Algoritmo adaptativo DBA orientado a QoS	4x Puertos SFP GPON, 2,5Gb downstream, 1,25 Gb upstream
Gestión intuitiva a través del interfaz web del TGMS	Capacidad de reservar ancho de banda garantizado y ancho de limitar el 'best effort' por servicio y usuario, en ambas direcciones con granularidad de 64 Kbps.	1x Puerto SFP+ 10G de transporte que permite el 100% de uso del ancho de banda GPON
Dos opciones de interfaz de transporte: 10G o 4x1000Base-T	802.1ad, 802.1Q, 802.1p para soportar diferentes escenarios de VLAN de BBF TR-156	4x Puertos GbE de transporte (1xGbE por puerto PON)
Reducción de los costes por puerto GPON	QoS en conmutación. DHCP Relay con opción 82 IGMP Snooping y Querier	1x Puerto de gestión FastEthernet
Reducción de la barrera de entrada de inversión en un sistema GPON	Filtrado Multicast (hasta 256 direcciones IP multicast) Codificación FEC en ambas direcciones Cifrado AES 128-bit	1x USB interfaz de consola Ópticas OLT B+ y C+ disponibles.

Fuente: Telnet. 2016 (Catalogo SmartOLT TELNET Redes Inteligentes S.A)

Precio: \$ 3947,00

ONU WaveAccess 4032



Figura 11-3 WaveAccess 4032

Fuente: http://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2015/10/4032_cabecera.jpg

Unifica ONU y Router en un solo dispositivo, ofreciendo además WiFi, 4 puertos 1GbE, 2 puertos POTS para telefonía y un puerto RF para televisión vía RFoG. Ofrece un gran alcance de señal WiFi gracias a la implementación de tecnología 802.11 b/g/n y permite aprovechar al máximo la velocidad disponible debido a que la conmutación WiFi-LAN/WAN se realiza a nivel de hardware, permitiendo así la tasa máxima ofrecida por el protocolo. La WaveAccess 4032 es interoperable con las OLTs GPON de los principales fabricantes del mercado, siendo posible su despliegue en redes nuevas o ya existentes. En la tabla 10-3 se muestra las características del equipo ONU.

Tabla 10-3 Características ONU WaveAccess 4032

Caract-Generales	GPON	Interfaces	RF
<p>2.5G en downstream y 1.25G en upstream 4x10/100/1000 Base-T Ethernet 2xPOTS interfaz telefónica para el servicio de VoIP WiFi 802.11b/g/n 1x Coaxial RF tipo F Interoperable con las OLTs de los principales fabricantes*</p>	<p>Diseñado siguiendo la especificación ITU-T G.984.x y G.988 Cumple con Broadband Forum TR-156 Activación con descubrimiento automático de SN y contraseña en conformidad con la recomendación ITU-T G.984.3 Cifrado AES-128 con generación de claves y conmutación FEC (Forward Error Correction) bidireccional Autodetección de Rogue ONU Filtrado de video multicast basado en dirección multicast destino</p>	<p>Interfaz óptico 2,488 Gbps Downstream / 1.244G bps de ancho de banda Ópticas clase B + (28dB de presupuesto de pérdida óptica) Longitudes de onda: US 1310nm, DS 1490nm</p> <p>Interfaz Ethernet 4 x 10/100/1000 Base-T interfaz para conectores RJ-45 Etiquetado/intercambio VLAN por puerto Ethernet VLAN stacking (Q-in-Q), traducción y filtrado VLAN Marcado de tráfico usando 802.1p IGMP Snooping, soporte para IGMP v1/v2/v3</p>	<p>Longitudes de onda: 1550-1560 nm Ancho de banda RF: 47 - 1003 MHz Rango de potencia óptica de entrada: -8 a 2 dBm Impedancia RF Zout = 75 ohm</p> <p>Instalación Dimensiones 217mmx167mmx39mm Peso: <1Kg Fuente de alimentación 12V DC / 2A Rango de funcionamiento Temperatura: 0 ~ 55° Celsius Humedad: 10 ~ 90% de humedad relativa</p> <p>Interfaz POTS 2xconector RJ-11 Soporta múltiples codecs: G.711ALaw, G.711µLaw, G.729a, G.722</p>

Fuente: Telnet. 2016 (Catalogo ONU WaveAccess 4032 TELNET Redes Inteligentes S.A)

Precio: \$ 151,00

GPON OLT



Figura 12-3 GPON OLT

Fuente: <http://www.dlink.com/es/es/-/media/images/service-provider-banners/dpn6608.png>

Switch GPON OLT L2 de D-Link permite a los proveedores de servicios ofrecer servicios de triple play a los clientes. Energía eficiente y fácil de manejar, el DPN-6608 proporciona una infraestructura ampliable para satisfacer las necesidades de los proveedores de servicio ahora y en el futuro.

Características:

- Diseño escalable y flexible
- Fácil de gestionar
- Energía eficiente
- Factor de forma apilable de 1U para montaje en rack
- Acceso frontal a todos los puertos
- Tipos de Puertos
- 8 puertos GPON SFP
- 4 puertos NNI 1G SFP
- 2 puertos NNI 10G SFP +
- 2 puertos Gigabit Ethernet NNI
- 2 puertos Gigabit Ethernet de gestión
- Compatible con ITU-T G.984.1, 984.2, 984.3, 984.4

Entrega hasta 2,54 Gbps a través de cableado de fibra óptica, GPON OLT L2 de D-Link es perfecto para la entrega de servicios de voz, vídeo y datos de forma simultánea a los clientes. Es perfecto para los edificios de unidades múltiples (MxU), tales como edificios de apartamentos, hoteles, campus, y grandes almacenes (Catalogo D-Link, 2014, p.1)

Precio: \$ 3990,00

ONT GPON



Figura 13-3 GPON ONT

Fuente: <http://www.dlink.com/es/es/images/service-provider-banners/dpn6608.png>

El GPON inalámbrica ONT Gateway proporciona una conexión Gigabit y funciones de voz para ambientes interiores, como pequeñas oficinas y edificios de unidades múltiples. La tecnología GPON ofrece hasta 2,4 Gbps, y permite transmisión simultánea de voz de próxima generación, vídeo y servicios de datos, incluyendo el acceso de alta velocidad a Internet, transmisión de video y mensajería instantánea.

Se ha incorporado una interfaz inalámbrica 802.11n y cuatro puertos LAN, por lo que los usuarios pueden conectarse a la red inalámbrica, o por medio de cables de red. Se trata de una puerta de entrada eficaz, fácil de implementar, puede ser utilizado como una solución de Internet de alto rendimiento. (Catalogo D-Link, 2014, p.1)

Características:

- GPON Clase B +
- Cumple con la norma UIT-T 984.x
- Longitud de onda:
 - ✓ 1310 nm
 - ✓ 1490 nm
 - ✓ 1550 nm
- Inalámbrica 802.11a/b/g/n/ac
- Posee 4 puertos LAN Gigabit Ethernet
- Cuenta con 2 puertos FXS
- Y opcionalmente 2 puertos USB host
- Adicionalmente-UPS

Precio: \$ 158,00

3.1.7 Selección de la mejor alternativa de Equipos.

Se realizó un análisis comparativo entre los equipos ofrecidos por las diferentes marcas, determinando el más adecuado para la red GPON en la ESPOCH, en la siguiente tabla se presentan los equipos seleccionados.

Tabla 11-3 Equipos seleccionados para la red GPON

CUADRO DE EQUIPOS SELECCIONADOS PARA LA RED GPON			
EQUIPO	DETALLE	EMPRESA	COSTO
 <p>SmartOLT</p>	<p>SmartOLT Características Ethernet/GPON</p> <p>Totalmente compatible con ITU-T G984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.988. Gestión remota de ONUs vía OMCI. Algoritmo adaptativo DBA orientado a QoS. Capacidad de reservar ancho de banda garantizada y ancho de limitar el 'best effort' por servicio y usuario, en ambas direcciones con granularidad de 64 Kbps.</p> <p>802.1ad, 802.1Q, 802.1p para soportar diferentes escenarios de VLAN de BBF TR-156. QoS en conmutación. DHCP Relay con opción 82. IGMP Snooping y Querier. Filtrado Multicast (hasta 256 direcciones IP multicast). Codificación FEC en ambas direcciones. Cifrado AES 128-bit</p> <p>Interfaces: 4x Puertos SFP GPON, 2,5Gb downstream, 1,25. 1x Puerto SFP+ 10G de transporte que permite el 100% de uso del ancho de banda GPON. 4x Puertos GbE de transporte (1xGbE por puerto PON). 1x Puerto de gestión FastEthernet. 1x USB interfaz de consola. Ópticas OLT B+ y C+ disponibles.</p>	 <p>Redes Inteligentes</p>	\$ 3947,00
 <p>ONU WaveAccess 4032</p>	<p>Interfaz óptico 2,488 Gbps Downstream / 1.244G bps de ancho de banda Ópticas clase B + (28dB de presupuesto de pérdida óptica) Longitudes de onda: US 1310nm, DS 1490nm y 1550nm.</p> <p>Interfaz Ethernet 4 x 10/100/1000 Base-T interfaz para conectores RJ-45 Etiquetado/intercambio VLAN por puerto Ethernet VLAN stacking (Q-in-Q), traducción y filtrado VLAN. Marcado de tráfico usando 802.1p IGMP Snooping, soporte para IGMP v1/v2/v3 Filtrado de video multicast basado en dirección multicast destino</p>	 <p>Redes Inteligentes</p>	\$ 151,00

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

Se ha seleccionado el equipo SmartOLT y la ONU WaveAccess 4032, debido a que son los equipos que mejor eficiencia presentan además de ser los más económicos frente a otras marcas. Adicionalmente la empresa Telnet ofrece asistencia técnica completa, responsabilidad de los trámites de importación y nacionalización de los equipos, sustitución temporal de partes en caso de fallas, responsabilidad de licencias de GPON tanto para OLT como ONTs/ ONUs, etc. Para mayor información, véase el anexo C y D.

3.1.8 Cálculo del balance de potencias para los equipos seleccionados

El balance de potencias permite conocer si los equipos van a soportar la señal que se transmite en el sistema, evitando daños en los mismos o sobrecarga de la potencia.

Los cálculos realizados a continuación, permiten de forma orientativa conocer el balance de potencias del sistema del presente diseño y comprobar que los equipos seleccionados son los óptimos para realizar el enlace óptico.

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

$$\mathbf{Prx} \leq \mathbf{Ptx} - \mathbf{\alpha Total}$$

Donde,

Prx: Potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo.

Ptx: Potencia máxima del transmisor óptico.

α Total: Valor total de pérdidas.

Mejor de los casos (FIE):

$$\mathbf{Prx} \leq \mathbf{Ptx} - \mathbf{\alpha Total}$$

$$-28 \text{ dBm} \leq 5 \text{ dBm} - 15,259 \text{ dB}$$

$$-28 \text{ dBm} \leq -10,259 \text{ dBm}$$

Peor de los casos (EIE):

$$\mathbf{Prx} \leq \mathbf{Ptx} - \mathbf{\alpha Total}$$

$$-28 \text{ dBm} \leq 5 \text{ dBm} - 21,826 \text{ dB}$$

$$-28 \text{ dBm} \leq -16,826 \text{ dBm}$$

Como se puede observar, en ninguno de los casos contemplados para el sistema se sobrepasa los valores que establece la inecuación, ni los valores del rango de sensibilidad dados por el fabricante del equipo, que a su vez están acordes con la recomendación ITU-T G.984.2 *Class B+*.

3.2 Simulación y resultados

3.2.1 Simuladores de redes ópticas

En la actualidad existen varios simuladores que nos ayudan en el diseño, implementación y evaluación de los sistemas ópticos. En este proyecto se realizó una búsqueda del software de redes ópticas que dentro de sus características pueda simular una red GPON, tratando de esta manera encontrar el más adecuado para el diseño propuesto, a continuación, se describen algunos de los simuladores investigados.

3.2.1.1 *OptSim*

Creador: RSOFTE Design Group

Disponible en: <http://www.rsoftdesign.com/>

Descripción: Permite el diseño y la simulación de sistemas de comunicación óptica monomodo al nivel de propagación de la señal. Entre los cuales se encuentra FTTx/PON.

Funciones generales:

- Posee una interfaz gráfica que simula instrumentos de medición como los de un laboratorio.
- Posee interfaces con herramientas de terceros como MATLAB, Cadence Spectre, Lieki Application Designer, Luna Optical Vector Analyzer.
- Posee una librería de componentes predefinidos de fabricantes, que facilita modelar dispositivos disponibles comercialmente (González, 2011, p.6).

Tipo de software: comercial.

3.2.1.2 *VPI Transmisión Maker*

Creador: VPI photonics design automation - una división de VPIsystems.

Disponible en: <http://www.vpiphotonics.com/Tools/OpticalSystems/>

Descripción: Herramienta para el diseño de nuevos sistemas ópticos incluidos de corto alcance, de acceso, de larga distancia en transmisión óptica que permite la actualización de tecnología y sustitución de componentes para plantas de redes existentes.

Funciones generales:

- Diseño de sistemas WDM de alta capacidad incluyendo nuevos sistemas de modulación, detección de colisiones y compensación PMD, amplificaciones Raman e híbridas, procesamiento de señales ópticas y monitoreo de canales ópticos.
- Permite seleccionar diferentes tecnologías como la PON y diferentes topologías de agregación y distribución de redes.
- Permite evaluar el rendimiento de los componentes, las interferencias y la dinámica en redes DWDM.
- Incluye la cuantificación de pérdidas de señales inducidas en la fibra con modelos de CD, Kerr, PMD, SRS, SBS y reflexiones.

Tipo de software: comercial.

3.2.1.3 *Optisystem*

Creador: Optiwave

Disponible en: <http://www.optiwave.com/>

Descripción: Suite de diseño que permite planificar, probar y simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las redes ópticas como: APON, BPON, GPON Y EPON.

Funciones generales:

- Permite simular tecnologías emergentes PON, como las diversas técnicas de accesos múltiples ópticos por división de código (optical code-division multiple-access OCDMA) para arquitecturas OCDMAPON.
- Permite el diseño de amplificadores, receptores y transmisores.
- Posee herramientas de análisis como diagramas VER, Q-Factor, Signal chirp.
- Posee interfaces con otras herramientas como: Matlab, Simulink, OptiSPICE y Agilent (Optiwave, 2015, p.1).

Tipo de software: comercial.

3.2.1.4 *NCTUns*

Creador: Universidad de Twente

Disponible en: <http://ns110.csie.nctu.edu.tw/>

Descripción: El NCTUns es un simulador de red extensible y emulador capaz de simular varios protocolos utilizados tanto en redes cableadas e inalámbricas IP. Su tecnología central se basa en el NCTUns se puede utilizar como un emulador, directamente Linux utiliza el protocolo TCP / IP stack para generar resultados de la simulación de alta fidelidad, y tiene muchas cualidades interesantes.

3.2.1.5 Asons - An Automatically Switched Optical Network Simulator

Creador: NTUA (National Technical University of Athens) Telecommunications Laboratory

Disponible en: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1647123>

Descripción: Motor de simulación que permite experimentar con redes ópticas automáticamente suicheadas (Asons - Automatically Switched Optical Network).

Funciones generales:

- Asons es basado en el popular simulador NS-2.
- Permite definir enlaces de fibras basadas en WDM.
- Soporta fallas en la fibra, sobreposición/aumento de modelos de red por capas y diseño e implementación de algoritmos de control de red (González, 2011, p.6).

Tipo de software: libre.

3.2.2 Selección y características del simulador

Después de haber hecho una breve descripción de los diferentes simuladores que se pueden utilizar en este proyecto, se presenta un análisis comparativo en la tabla 12-3, con el fin de seleccionar el software más adecuado para la posterior simulación de la red de acceso GPON para la ESPOCH.

Tabla 12-3 Comparación entre los softwares de simulación.

	Interfaz	Requerimientos de hardware	Cantidad de elementos	Integración con otras herramientas	Nivel para obtener el software	Experiencia (Años en el mercado)	Tipo de licencia
OptSim	GUI	Bajo	Alto	Si	Difícil	Alto	Pagada
VPI Transmisión Maker	GUI	Medio	Medio	No	Difícil	Alto	Pagada
Optisystem	GUI	Medio	Alto	Si	Normal	Alto	Pagada
NCTUns	GUI	Bajo	Medio	Si	Difícil	Medio	Pagada
Asons	GUI	Bajo	Bajo	No	Fácil	Medio	Libre

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

Como podemos observar los softwares que mejores características presentan son los de licencia pagada. Entre los softwares de licencia pagada, el software VPI Transmisión Maker no posee la característica de poder integrarse con otras herramientas además no presenta todos los elementos necesarios para el diseño de redes PON, el software NCTUns posee menos años en el mercado que los demás simuladores asimismo presenta una alta dificultad al momento de adquirir información sobre la licencia de evaluación.

Finalmente, entre el software OptSism y el software Optisystem se ha seleccionado este último, pues presenta mejores características. OptiSystem es un simulador de alto nivel en sistemas basados en el modelado realista de la tecnología de comunicación de fibra óptica, posee un entorno de simulación de gran alcance y una definición verdaderamente jerárquica de componentes y sistemas. Sus capacidades se pueden ampliar, con la adición de componentes e interfaces de usuario a una serie de herramientas ampliamente utilizadas.



Figura 14-3 Software Optisystem

Fuente: OptiSystem

OptiSystem es un simulador de sistemas de comunicación óptica, que nos permite realizar el diseño, pruebas y optimización de prácticamente cualquier tipo de enlace óptico en la capa física de un amplio espectro de redes ópticas, sistemas de radiodifusión de vídeo analógico o redes troncales intercontinentales.

Creado para hacer frente a las necesidades de los investigadores, ingenieros de telecomunicaciones, integradores de sistemas ópticos, estudiantes y a una amplia variedad de usuarios. OptiSystem es una suite de diseño de software que permite a los usuarios planificar, probar y simular los enlaces ópticos en la capa de transmisión de las redes ópticas modernas. OptiSystem es compatible con las herramientas de diseño de OptiWave como OptiAmplifier y OptiBPM (Optiwave, 2016, p.1).

Las herramientas de análisis que posee el software son:

- Diagrama del ojo
- BER
- Diagrama de constelación
- Q-Factor
- Potencia de señal
- Ganancia, etc.

Ventajas de OptiSystem:

- ✓ El simulador tiene una biblioteca que incluye cientos de componentes a los que se les permite introducir los parámetros que pueden ser medidos en los dispositivos reales.
- ✓ Los usuarios pueden incorporar nuevos componentes e incluso interactuar con otras herramientas de simulación como el MATLAB o SPICE.
- ✓ Calcula señales utilizando algoritmos apropiados teniendo en cuenta la exactitud requerida de la simulación y la eficiencia.
- ✓ Es una completa suite de diseño de software, su entorno de diseño profesional permite simular tecnologías PON emergentes.
- ✓ El software permite a los usuarios planificar, probar y simular diferentes tipos de redes ópticas pasivas, como son las redes: APON, BPON, GPON y EPON.

3.2.3 *Desarrollo de la simulación*

El software optisystem de la empresa canadiense Optiwave, con una trayectoria de veinte y dos años diseñando software de simulación para la investigación en el área de electrónica y redes ópticas tiene un alto reconocimiento en el ámbito académico e investigativo a nivel mundial, se utilizó en este proyecto con el fin de corroborar los datos calculados en el diseño.

En esta sección se detalla los elementos empleados en la Red de acceso GPON y se describe el desarrollo de la simulación, asimismo se analizan los resultados a partir de las gráficas que nos muestran los analizadores y visualizadores de la señal recibida, en las ONUs de los usuarios y en la OLT. Para la simulación de la red GPON para la ESPOCH se utilizó el software OptiSystem 14.1 en modo de prueba, en la figura 15-3 se presenta la interfaz de usuario y sus componentes principales.

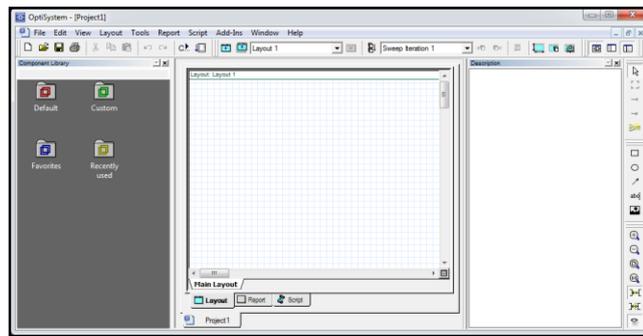


Figura 15-3 Interfaz de usuario

Fuente: OptiSystem 14.1

En el presente diseño se creó subsistemas los que permiten crear componentes propios a partir de elementos básicos que proporciona el software, también son utilizados para efectivizar el espacio del área de trabajo. La red GPON para la ESPOCH está formado por 3 subsistemas: El primer subsistema se diseñó para crear el equipo OLT, el segundo subsistemas está compuesto por la Red de Distribución Óptica (ODN) y el tercer subsistema representa el equipo de recepción ONU.

3.2.3.1 Descripción de la OLT

Para la creación de la OLT se usaron dos transmisores ópticos WDM con dos longitudes diferentes, una de 1490nm y 1550nm y un WDM Add encargado de unir estas dos señales. En el transmisor óptico WDM se debe tener en cuenta ciertos parámetros como Bit rate en nuestro caso se colocó un valor de 1.2 Gbit/s, Power igual a 5 dBm, la Modulation fue de type: NRZ (no return to zero) y Transmitter type: EML (external modulated laser).

Por otra parte, el receptor está formado por un fotodiodo que será el encargado de realizar la conversión óptica-eléctrica y de un filtro que se utiliza para eliminar frecuencias indeseables como ruido introducido por el fotodiodo además se utilizó un buffer selector el que almacena los datos conforme llegan a la OLT.

Al final se colocó un generador de señales y el analizador BER el que permite visualizar los datos recibidos y analizar la tasa de bits errados, adicionalmente se visualizara también el diagrama de ojo de la transmisión. Por último, como se observa en la figura 16-3 se colocó un Circulator Bidireccional el que permite la unificación del transmisor y del receptor.

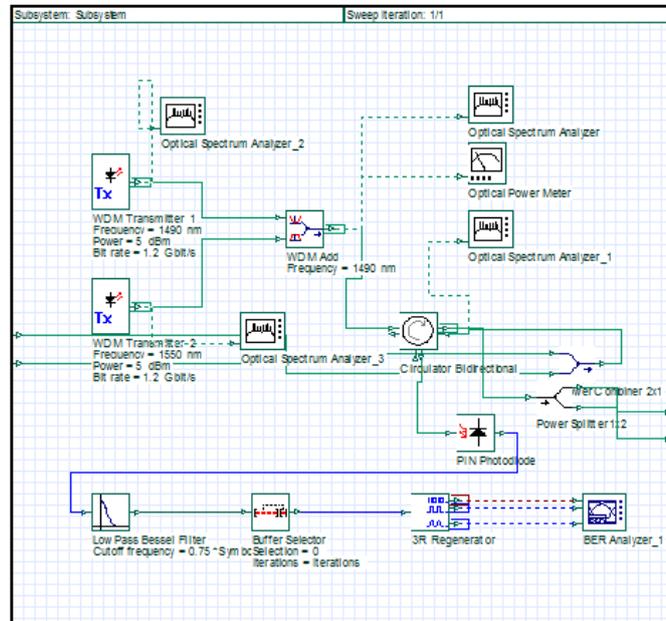


Figura 16-3 OLT (Optical Line Termination)

Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

3.2.3.2 Descripción de la Red de Distribución Óptica

Posteriormente se presenta la Red de Distribución Óptica formado por el enlace de la fibra óptica y splitters usados en el diseño de la red donde se colocó medidores ópticos de potencia con el objetivo de analizar la potencia final recibida en el equipo receptor ONU.

En los splitters se debe configurar el número de puertos, en nuestro caso tenemos dos splietter de tipo 1:8 con una atenuación de 10,5dB, un splitters de 1:2 con una atenuación de 3,5 dB y doce splitters de 1:4 con una atenuación de 7 dB cada uno.

Para el caso de la fibra óptica se configuró la distancia, la longitud de onda de referencia en nuestro caso se utilizó la ventana de 1310 nm ya que posee la atenuación más alta con respecto a las demás longitudes de onda con un valor de 0.35 dB. También se colocó en las entradas y salidas de la Fibra Óptica atenuadores para simular las pérdidas de conectores y fusiones, en la Figura 17-3 se observa las conexiones realizadas.

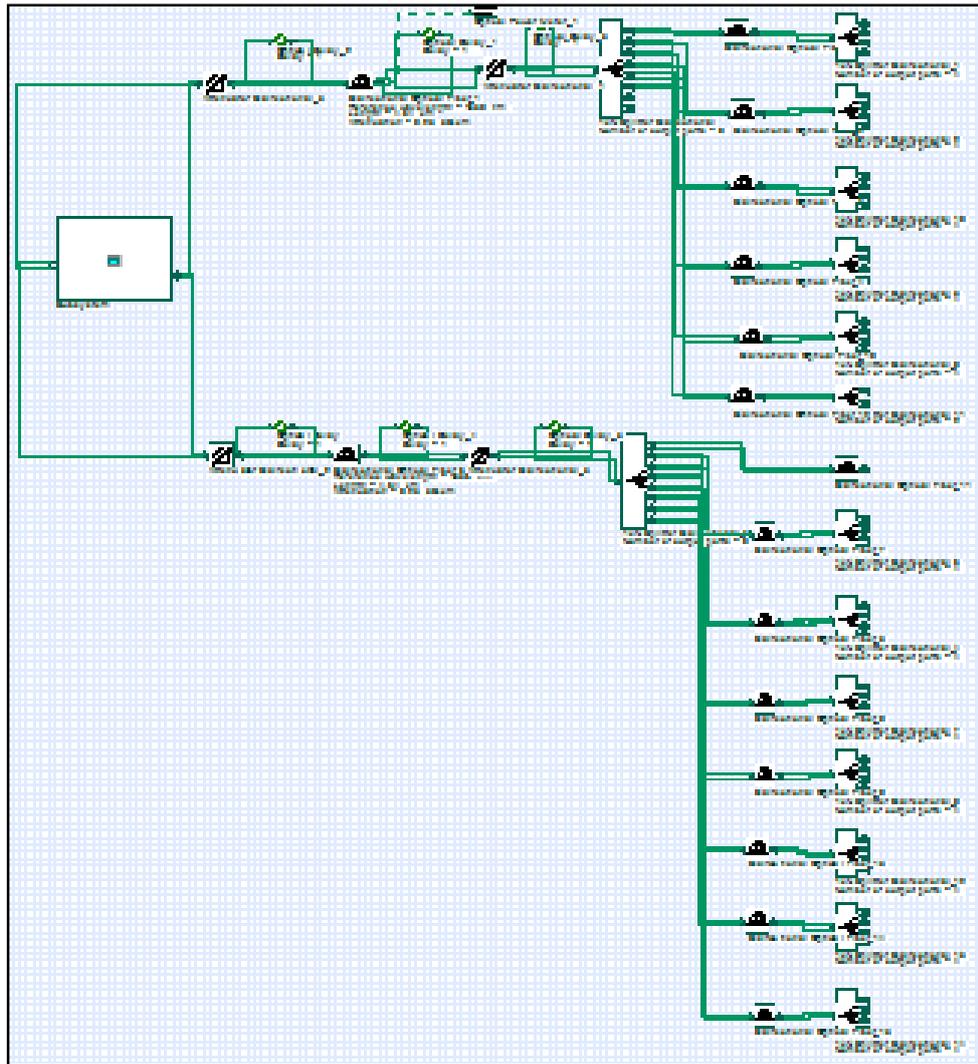


Figura 17-3 ODN (Optical Distribution Network)

Fuente: Autor de la investigación-OptiSystem.

3.2.3.3 Descripción del Equipo Receptor (ONU)

Para el equipo ONU se utilizó un Photodetector PIN el cual transforma la señal óptica a una señal eléctrica, un filtro Low Pass Butterworth, un transmisor para emitir ondas a 1310 nm y Dynamic -Select que son usados para ejemplificar el acceso al medio OTDMA, enviando una parte de la secuencia de bits generado por el transmisor, trabajan de forma similar a un filtro pasabanda, pero en el dominio del tiempo a continuación, se muestra el diagrama del equipo receptor ONU.

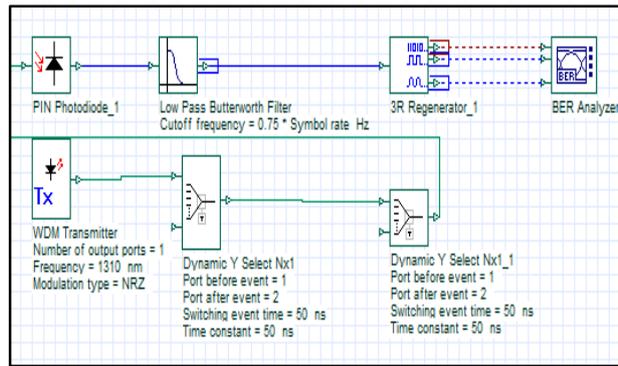


Figura 18-3 ONU

Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

Después de tener concretado el diseño y definidos los parámetros de los dispositivos, se procede a realizar la simulación, si las conexiones están correctas se mostrará un mensaje “completed successfully” finalizando la simulación, de lo contrario se mostrará un mensaje de error, en este caso se debe verificar las conexiones y los parámetros de configuración. A continuación, se presenta el Menú para realizar la simulación:

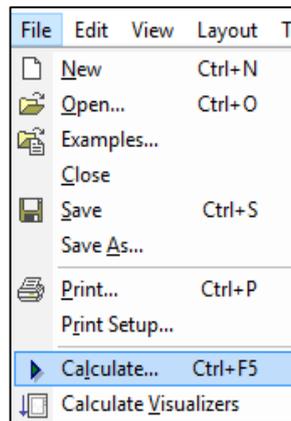


Figura 19-3 Menú de Simulación

Fuente: OptiSystem 14.0.

La simulación de la red completa lleva mucho tiempo de ejecución y requiere de gran capacidad de la memoria RAM. El esquema completo de la red GPON para la ESPOCH se presenta en el anexo E.

3.2.4 Resultados Obtenidos

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

3.2.4.1 Potencia

Los valores medidos a través del recorrido de la fibra óptica desde la OLT hasta la ONU se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 13-3 Presupuesto de potencia

	FIE	EIE
Potencia a la salida de la OLT	4.951dBm	4.951dBm
Potencia después del primer nivel de splitter.	-1.231dBm	-1.231dBm
Potencia después del segundo nivel de splitter.	-6.180dBm	-9.895dBm
Potencia final recibida en el equipo ONU.	-10.197dBm	-16.996dBm

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

La potencia final recibida en el equipo ONU de la FIE resulto -10.197dBm, cómo podemos observar este valor es menor al resultado obtenido del cálculo teórico el que fue de -10,259dBm. Para la EIE la potencia recibida en el equipo ONU es de -16.996dBm comparando con el valor obtenido del cálculo teórico mismo que fue de -16,826dBm, tenemos una diferencia mínima de -0.170dBm.

Es importante señalar que el equipo receptor dentro de sus características posee una sensibilidad de recepción de -27dBm, por lo tanto, podemos concluir que el resultado es óptimo ya que está dentro de la escala de sensibilidad de potencia que tiene el equipo. A continuación, podemos observar los resultados obtenidos en ambos casos:

Potencia final del equipo ONU en el usuario más cercano la Facultad de Informática y Electrónica (FIE).

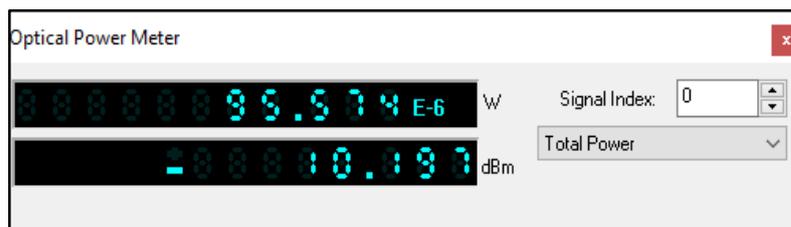


Figura 20-3 Potencia recibida en el equipo ONU

Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

Potencia final del equipo receptor ONU del usuario más lejano la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo.

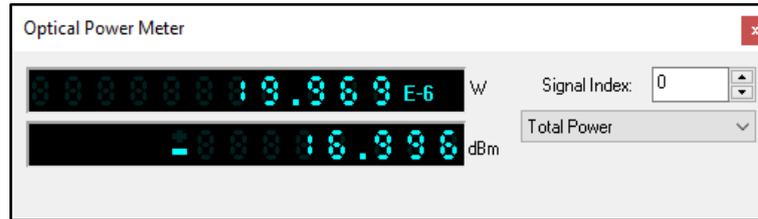


Figura 21-3 Potencia recibida en el equipo ONU
Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

3.2.4.2 Factor *Q* y Mínimo BER

En las siguientes gráficas, se muestran los resultados obtenidos en el equipo ONU empleando el analizador BER (Bit Error Rate). De acuerdo a lo estipulado por la norma ITU G984.2 el Factor *Q* debe ser igual o mayor a 6, lo que equivale a una BER igual o menor a 1×10^{-10} , esto implica que se genera un bit errado de 10 000 millones de bits transmitidos.

Para el Usuario más cercano como es la FIE se tiene que el factor *Q* es igual a 7.29 y un resultado de BER igual a 1.5×10^{-13} lo que implica que se genera aproximadamente 1.5 bits errados de 10 billones de bits transmitidos, cómo podemos notar se cumple con los parámetros mencionados anteriormente. A continuación, se presenta el Factor *Q* y el mínimo de BER recibidos en el equipo ONU de la Facultad de Informática y Electrónica

Q Factor

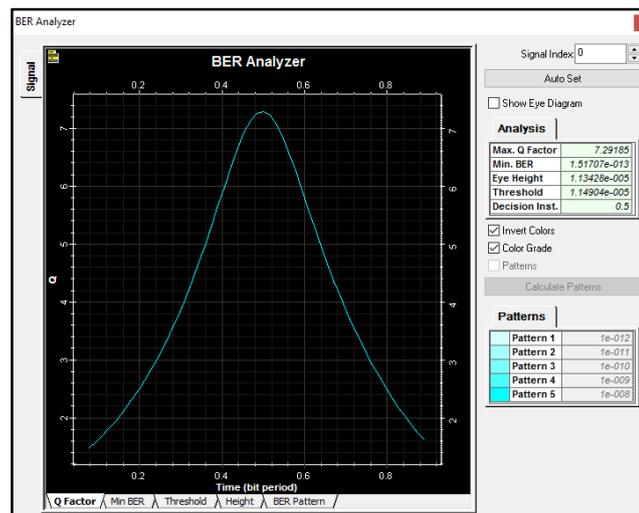


Figura 22-3 Q factor-FIE
Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

Mínimo BER

En la gráfica de la FIE se observa que la señal se transmite con menor índice de error en el rango 0.48 y 0.52 bit.

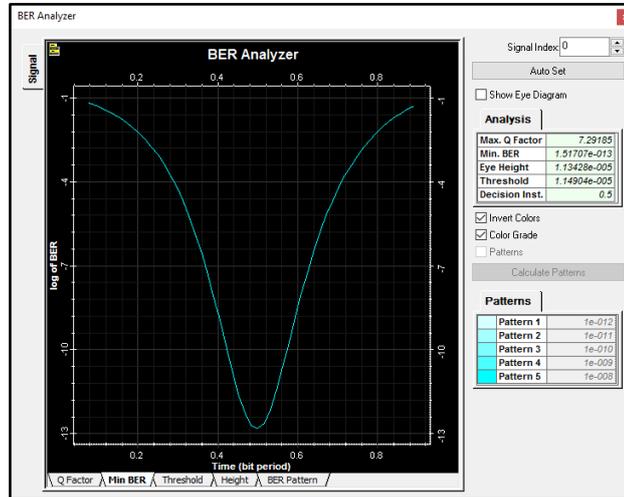


Figura 23-3 Min BER-FIE

Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

Para el Usuario más lejano como es la EIE se tiene que el factor Q es igual a 6.7 y un BER de aproximadamente 1×10^{-11} , esto quiere decir que por cada bit errado se transmiten 100 millones de bits, entonces se puede decir que los resultados están dentro del rango de los parámetros mencionados por la norma ITU G984.2. A continuación, se presenta el Factor Q y el mínimo de BER recibidos en el equipo ONU de la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo (EIE).

Q Factor

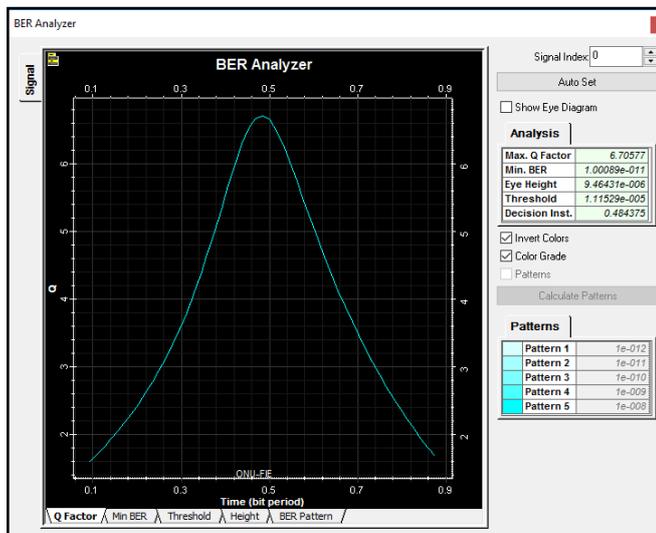


Figura 24-3 Q factor-FRN

Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

Mínimo BER

En la siguiente gráfica se observa que la señal se transmite con menor índice de error en el rango 0.38 y 0.5 bit.

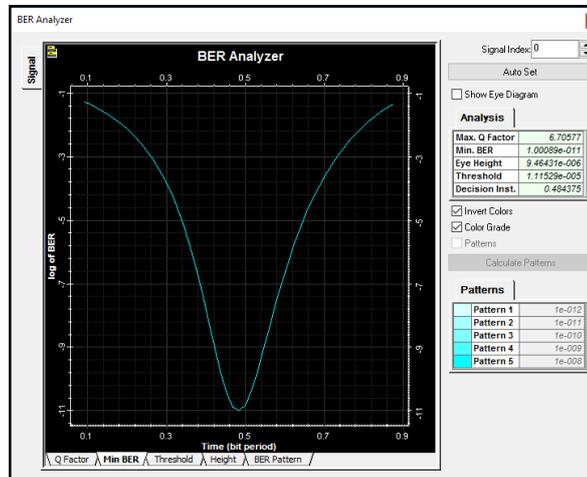


Figura 25-3 Min BER-FRN
Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

3.2.4.3 Diagrama de Ojo

El diagrama de ojo nos permite observar que la señal es transmitida por el enlace de manera eficiente combinando los parámetros de Factor Q, mínimo BER, Threshold y Height. A continuación, se presenta los resultados del Diagrama de Ojo del usuario más cercano y del usuario más lejano para el enlace downstream y el enlace upstream. En la figura 26-3 se observa el diagrama de ojo de la señal que se recibe en el equipo ONU de la Facultad de Informática y Electrónica, en donde podemos observar que para el enlace downstream el factor de calidad en el punto 0.5 bit tiene la mayor probabilidad de transmisión.

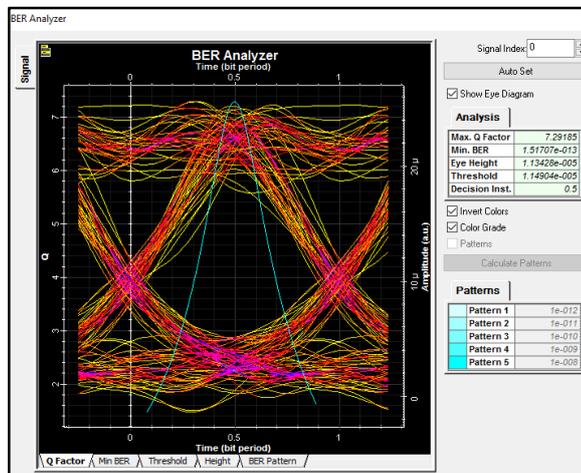


Figura 26-3 Señal recibida en el equipo ONU-FIE
Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

Seguidamente se presenta el diagrama de ojo del enlace upstream en donde podemos observar la calidad de la señal que se recibe en la OLT desde la FIE.

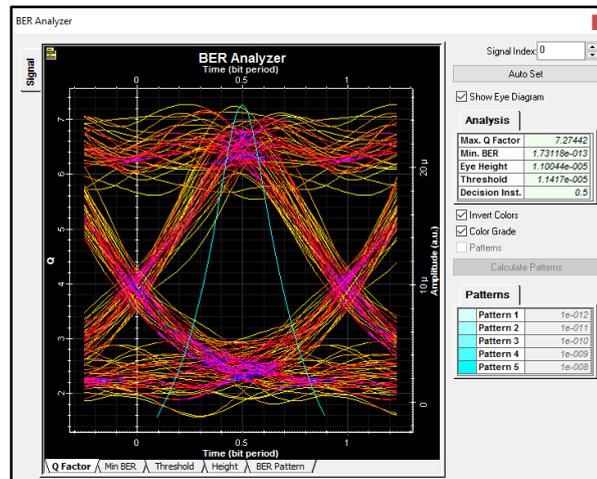


Figura 27-3 Señal recibida en la OLT desde la FIE
Fuente: Autor de la investigación –OptiSystem

En la figura 28-3 se presenta el diagrama de ojo de la señal que se recibe en el equipo ONU de la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo, donde podemos observar para el enlace downstream el factor de calidad en el rango 0.4 y 0.5 bit tiene la mayor probabilidad de transmisión.

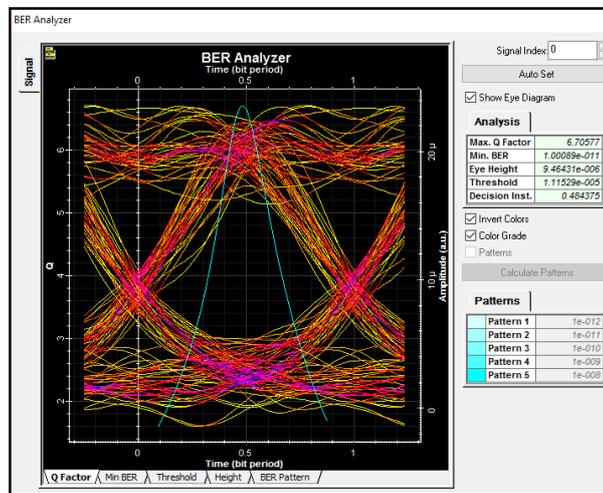


Figura 28-3 Señal recibida en el equipo ONU-EIE
Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

A continuación, se presenta la calidad del enlace óptico para el enlace upstream, es decir la eficiencia de la señal que se recibe en la OLT desde la EIE.

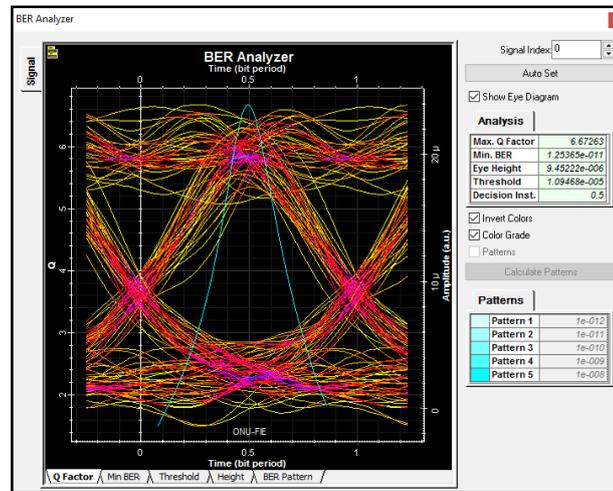


Figura 29-3 Señal recibida en la OLT desde la EIE
Fuente: Autor de la investigación -OptiSystem.

3.3 Triple play

Con la red de acceso GPON se dispondrá de altas tasas de transmisión y se podrá lograr más servicios y aplicaciones acorde a las exigencias de la institución, es por esta razón que se propone dar el servicio de televisión a la ESPOCH. A continuación, se presenta varias ventajas de este servicio.

Ventajas:

- Educa en el uso de medio audiovisuales.
- Permite desarrollar espíritu crítico.
- Provee de una experiencia estética que es difícil de lograr de otro modo.
- Ofrece una alternativa de enseñanza distinta de la tradicional, de lo que permite quebrar la rutina y motivar al estudiante.
- Proporciona a los alumnos una experiencia común sobre la cual discutir.
- Contribuye al desarrollo de la capacidad de escuchar, observar y relacionar.
- Permite ilustrar contenidos curriculares.
- Proporciona una base correcta para el desarrollo del pensamiento conceptual.
- Proporciona experiencia que no son asequibles de otra manera, por ejemplo, en el campo cultural.

- Trae a la sala de clases lugares y sociedades que de otro modo no se conocerían.
- Permite actualizar los currículos de enseñanza.
- Sano entretenimiento (Dependiendo del tipo de programa, puede causar relajamiento y entretenimiento)
- Alto contenido de motivación: Al combinar imágenes, texto, animaciones, es más atractivo para su receptor y por lo tanto tiene mayor estímulo que con otros medios (Pérez, 2015, p.1)

A continuación, se detalla la manera de como ofrecer al usuario final el paquete TRIPLE PLAY:

3.3.1 *Voz, Internet y CaTV*

Voz e Internet. - A partir del dispositivo ONU que fue ubicado en los diferentes edificios que forman la ESPOCH se empleara los switch de distribución (cisco 3850) que actualmente posee la red de la Institución, con el fin de reutilizar la red interna de cobre de los edificios para brindar el servicio de voz e internet.

CaTV. -Para el servicio de CaTV la señal de RF se debe obtener desde una cabecera de TV, esta señal es enviada en forma analógica a través de la red de fibra óptica, superpuesta a la transmisión de datos, utilizando una longitud de onda diferente (RF Overlay). La señal de RF contiene todos los canales tanto de televisión terrestre como satélite, con algunos canales en analógico y otros en digital.

En cualquier caso, la suma de todos los canales forma una única señal analógica, la señal de RF, que abarca desde 80 a 862 MHz para el caso de la señal de TV terrestre y desde 950 a 2150 MHz para la señal vía satélite. La señal de RF se aplica a un láser altamente lineal (módulo VPON) y se envía a través de la red GPON en la longitud de onda de 1550 para convertir la señal de RF en una señal óptica. En el otro extremo de la red GPON, el usuario dispone del equipo ONU donde extrae la señal de RF, la cual se puede aplicar directamente mediante un cable coaxial al aparato de TV.

Para distribuir el servicio de CaTv en arquitecturas FTTB/FTTC de edificios de tamaño medio/pequeño es una buena opción adquirir equipos que la empresa Televes, que al ser una empresa dedicada a la investigación, diseño, fabricación y comercialización de equipos de telecomunicaciones, donde su especialidad es la recepción y distribución de señales de radio-televisión, se propone hacer uso de sus dispositivos como un CATV Amplificador de interior, varios Repartidores EMC y tomas de Tipo T1 R-TV para distribuir este servicio en los edificios de ESPOCH.

Para mayor información sobre los dispositivos de CaTV, véase el anexo F. Seguidamente se presenta un esquema representativo de estos servicios que se propone la ESPOCH.

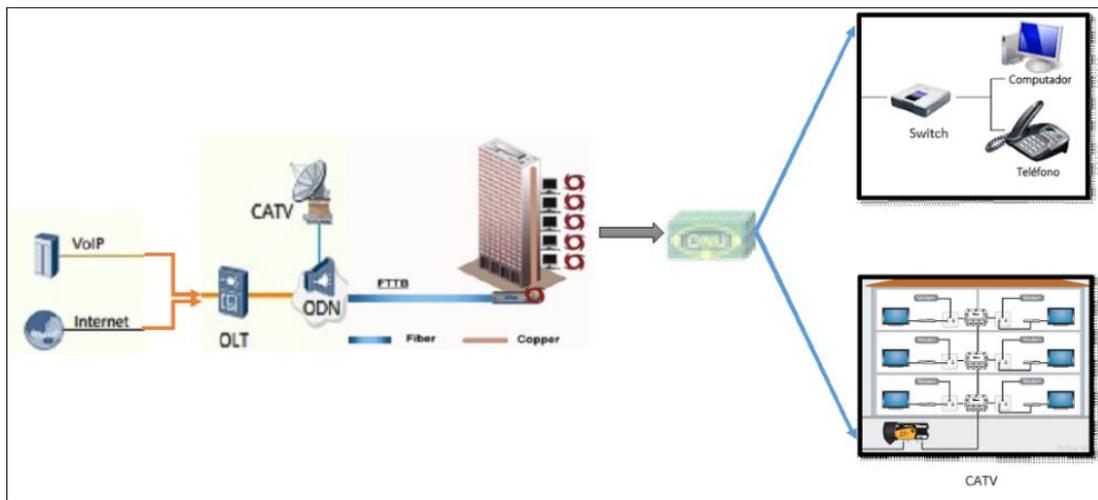


Figura 30-3 Diagrama para el servicio de Voz, Internet y Catv

Fuente: Autor de la investigación

3.3.2 Voz, Internet e IPTV

Voz e Internet. - A partir del dispositivo ONU que fue ubicado en los diferentes edificios que forman la ESPOCH se empleara los switch de distribución (cisco 3850) que actualmente posee la red de la Institución, con el fin de reutilizar la red interna de cobre de los edificios para el servicio de Voz e Internet.

IPTV. -Para el servicio de IPTV la señal de televisión es encapsulada en paquetes IP y es transmitida por la fibra óptica junto con los datos, utilizando la misma longitud de onda. Para brindar este servicio a la institución se requiere de un servidor de IPTV, el cual debe estar conectado a la OLT que se encuentra ubicada en el DTIC de la ESPOCH. Para su distribución en arquitecturas FTTB se requiere de una red interna para IPTV correcta y varios dispositivos STB (Set-Top Box) dependiendo del número de TVs que se pretende poseer en cada edificio. A continuación, se muestra un diagrama para el servicio de Voz, Internet e IPTV.

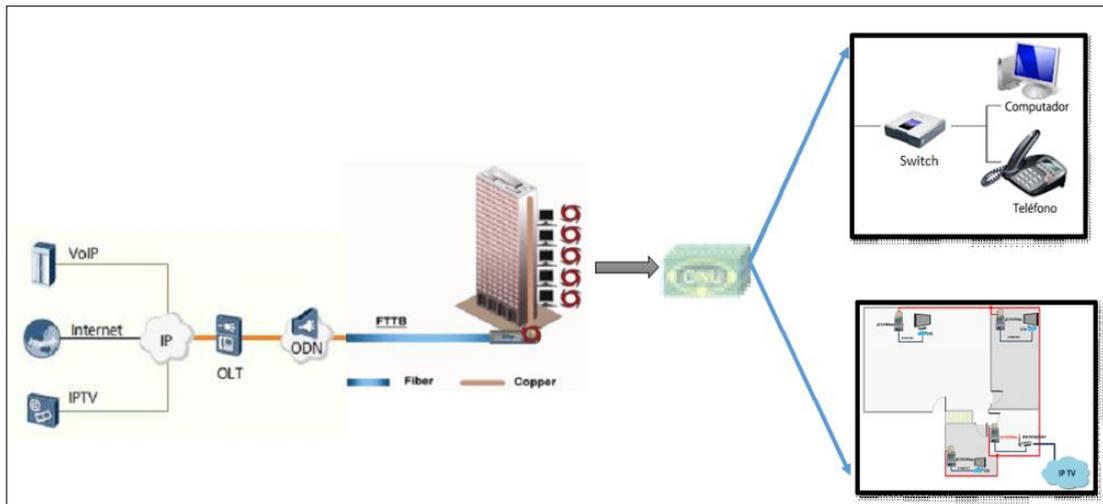


Figura 31-3 Diagrama para el servicio de Voz, Internet e IPTV
Fuente: Autor de la investigación

3.3.3 Voz, Internet y TV Online

Voz e Internet. - A partir del dispositivo ONU que fue ubicado en los diferentes edificios que forman la ESPOCH, se empleara los switch de distribución (cisco 3850) que actualmente posee la red de la Institución, con el fin de reutilizar la red interna de cobre de los edificios para el servicio de Voz e Internet.

TV Online. - La televisión por Internet ofrece el mismo contenido televisivo en los dispositivos de los usuarios finales que otros medios de tv. Por lo general se ve a través de sitios web, aplicaciones web y aplicaciones móviles que se conectan directamente a un centro de backend donde el contenido se envía por la red.

La información es decodificada por el dispositivo receptor y se visualiza en el navegador del dispositivo o aplicación. Los problemas de este servicio eran el ancho de banda que consumía el *streaming*; y el resultado era la pobre calidad de la imagen, sin embargo, al proponer un diseño con tecnología GPON hace que este servicio sea óptimo y factible, pues solo bastara con tener un dispositivo conectado al internet para hacer uso de este servicio de forma similar a una emisión normal de televisión.

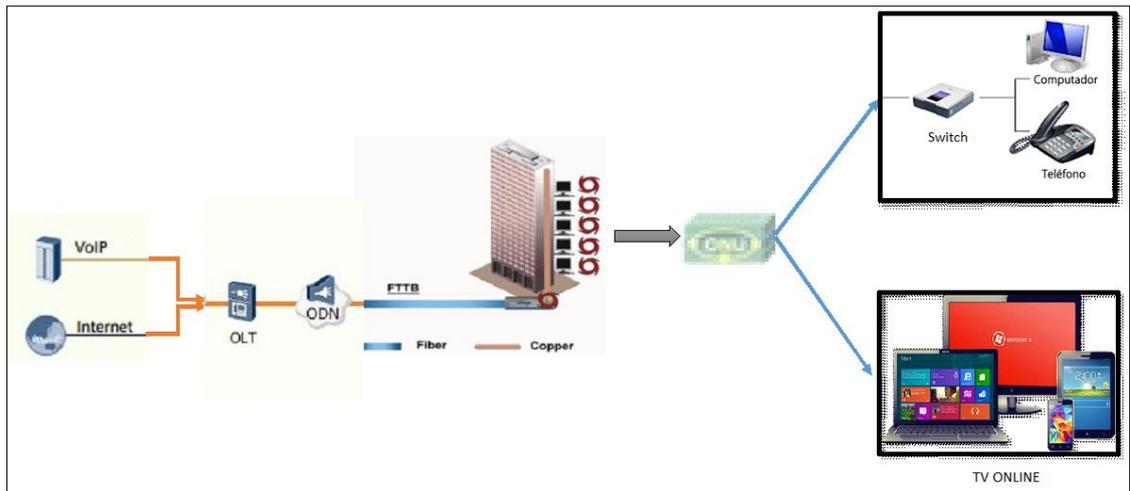


Figura 32-3 Diagrama para el servicio de Voz, Internet y TV Online
Fuente: Autor de la investigación

3.4 Informe costo/beneficio del proyecto

3.4.1 Costos de inversión

Los costos de inversión para el presente proyecto se subdividen en:

- Costos de la Red de Dispersión
- Costos de la Red Distribución
- Costos de la Red Feeder
- Costos de la Red de Canalización
- Costos de Equipos Activos

Al sumar estos valores obtenemos el Costo Total de la Inversión. En la siguiente tabla se detalla el costo de la red de dispersión que comprende el suministro de elementos empleados en el tendido del cable de fibra óptica de acometida al usuario final.

Tabla 14-3 Costo Red de Dispersión

RED DE DISPERSIÓN					
CENTRAL:					
FEEDER:					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANT	PRECIO	SUBTOT
1	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	92,00	\$ 11,09	\$ 1.020,28
2	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	94,00	\$ 5,39	\$ 506,66
3	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX FC/APC-SC/APC de 5 mts. G.652D	U	47,00	\$ 13,83	\$ 650,01
4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA 2 HILOS DE FIBRA, INCLUYE: 2 ADAPTADORES SC/APC; 2 MANGUITOS DE PROTECCIÓN DE EMPALME DE 40MM	U	47,00	\$ 25,15	\$ 1.182,05
5	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE PARA INTERIOR 2 FIBRAS ÓPTICAS G.657A1 (DROP) 6mm	m	5000,00	\$ 1,54	\$ 7.700,00
				TOTAL	\$11.059,00

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

El valor del costo de la red de distribución y Feeder se muestran en la tabla 15-3 y 16-3 respectivamente y contiene el suministro de: empales, tendido del cable de fibra óptica, colocación de herrajes, splitters, conectores, caja de distribución óptica y subidas a poste. se muestra los costos y los materiales.

Tabla 15-3 Costo Red de Distribución.

RED DE DISTRIBUCIÓN					
CENTRAL:					
FEEDER:					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTID	PRECIO	SUBTOT
1	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	28,00	\$ 11,09	\$ 310,52
2	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	28,00	\$ 7,48	\$ 209,44
3	PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	HILO	14,00	\$ 8,86	\$ 124,04
4	PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	HILO	14,00	\$ 8,48	\$ 118,72
5	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AEREA DE 12 PUERTOS SC/APC	U	13,00	\$ 309,43	\$4.022,59
6	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	32,00	\$ 5,39	\$ 172,48
7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJES DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	7,00	\$ 15,53	\$ 108,71
8	SUMINISTRO Y COLOCACION SPLITTER PLC PARA FUSION (1X4)	U	12,00	\$ 149,11	\$1.789,34
9	SUMINISTRO Y COLOCACION SPLITTER PLC PARA FUSION (1X2)	U	1,00	\$ 262,00	\$ 262,00
				TOTAL	\$7.117,84

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016.

Tabla 16-3 Costo Red Feeder

RED FEEDER					
CENTRAL:					
FEEDER					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
1	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	2,00	\$ 11,09	\$ 22,18
2	PORTA RESERVAS FIBRA ÓPTICA POZO	U	1,00	\$ 17,74	\$ 17,74
3	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	2,00	\$ 7,48	\$ 14,96
4	PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	HILO	2,00	\$ 8,48	\$ 16,96
5	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE UNA MANGA SUBTERRÁNEA PORTA SPLITTER DE 96, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	1,00	\$ 442,34	\$ 442,34
6	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	2,00	\$ 5,39	\$ 10,78
7	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 12 F.O. MONOMODO G652.D	U	39,00	\$ 2,55	\$ 99,45
8	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN SPLITTER PLC PARA FUSION (1X8)	U	2,00	\$ 31,65	\$ 63,30
				TOTAL	\$ 687,71

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

Red de canalización

Para la red de canalización tenemos un costo de construcción de \$1.224,74 a continuación en la tabla 17-3 se detalla los costos y los materiales necesarios para su construcción.

Tabla 17-3 Costos Canalización de la red Feeder

CANALIZACION					
CENTRAL:					
FEEDER:					
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTID	PRECIO	SUBTOT
1	CANALIZACION ACERA 2 VIAS	m	10	\$ 16,73	\$ 167,30
2	ROTURA Y REPOSICION DE ACERA	m2	4,80	\$ 22,11	\$ 106,13
3	EXCAVACION PARA SUBIDA A POSTE Y DESALOJO PARA SUBIDA A POSTE O MURAL	m	5,00	\$ 4,19	\$ 20,95
4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 3 M DE 2"	U	1,00	\$56,80	\$ 56,80
5	POZO ACERA 48 BLOQUES 2 CONVERGENCIAS	U	1,00	\$ 873,56	\$ 873,56
				TOTAL	\$1.224,74

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

Finalmente, en la tabla 18-3 se presenta el costo total de los elementos pasivos que comprende el costo total de la red feeder, distribución, dispersión y red de canalización.

Tabla 18-3 Costos total elementos pasivos.

RED FEEDER	\$ 687,71
RED DE DISTRIBUCIÓN	\$ 7.117,84
RED DE DISPERSION	\$ 11.059,00
CANALIZACION	\$ 1.224,74
TOTAL, SIN IVA	\$ 20.089,29
IVA 12%	\$ 2.410,71
TOTAL	\$ 22.500,00

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

En la tabla 19-3 se presenta los costos y la cantidad de equipos activos adquiridos para la red de acceso GPON.

Tabla 19-3 Costos total equipos activos.

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
SmartOLT	1	\$ 3947,00	\$ 3947,00
ONUs WaveAccess 4032	48	\$ 151,00	\$ 7097,00
		TOTAL	11.040,00

Fuente: ILBAY, Hipatia. 2016

En base a los costos desglosados de Equipos Activos y Elementos Pasivos, se procede a determinar el costo total de la red que es la suma de todos los rubros, lo que nos ayudará a obtener un presupuesto referencial que sería el capital a invertir en el proyecto.

Total, Costo de Inversión: Total Pasivos + Total Activos.

Total, Costo de Inversión: \$ 22.500,00 +\$ 11040,00=\$ **33.544,00**

3.4.2 *Beneficios del proyecto*

BENEFICIOS

- ✚ La ESPOCH contará con una red convergente que hace referencia a la integración de voz, datos y video, sobre una sola red.
- ✚ La ESPOCH tendrá una red de acceso GPON flexible, escalable y viable.
- ✚ Se tendrá una red segura, pues la tecnología GPON utiliza el Estándar Avanzado de Encriptación (AES).
- ✚ La universidad contará con tecnología de punta.
- ✚ Se podrá acoplar hacia nuevas tecnologías x-PON.
- ✚ La Vida útil de la red será de mayor duración
- ✚ Bajos costos de mantenimiento.

CONCLUSIONES

- El análisis de las diferentes topologías FTTx permitieron seleccionar la mejor arquitectura para el diseño de la red, optando por una topología FTTB, que ofrece altas tasas de transmisión permitiendo acceder al servicio de triple play (voz, video y datos), y al mismo tiempo son redes menos costosas que las redes FTTH, básicamente porque se rescata parte de la infraestructura existente en el edificio, como es el cableado estructurado.
- En el diseño de la red GPON para la ESPOCH es necesario utilizar una miniOLT por motivos de tráfico de red, autonomía de la institución y seguridad, por lo tanto, el diseño de la red GPON parte desde la Red Feeder hasta la Red de Dispersión donde se consideró los estándares, la topología y las características en general del diseño, y se concluye que la red de acceso GPON para la ESPOCH es flexible, escalable y viable.
- Para determinar el funcionamiento de la red GPON se realizó cálculos teóricos y adicionalmente se empleó el software Optisystem para corroborar los resultados como los niveles de potencia necesarios para transmitir la información, además nos permitió aprender y afianzar conocimientos acerca de las redes de Fibra Óptica.
- En el software Optisystem para observar la señal que se receptan en el equipo ONU se analizó el Eye Diagram, donde se apreció para el usuario más cercano que el margen de defensa frente al ruido es amplio, esto se verifica con el valor obtenido del BER que es aproximadamente 1.5×10^{-13} lo que implica que, de cada 10 billones de bits transmitidos, 1.5 bits llegaran errados. En el caso del usuario más lejano obviamente disminuye el margen de defensa frente al ruido, en el Eye Diagram del equipo receptor se constata con el valor obtenido del BER de 1×10^{-11} pues de cada 100 millones de bits enviados 1 bit llegara errado, finalmente los resultados del BER se consideran aceptables lo que nos permite tener una comunicación óptima entre equipos activos.
- El costo de la red GPON luego de hacer los respectivos cálculos es casi de \$ 33.544,00 donde se consideró el costo de los equipos activos y todo lo concerniente a los elementos pasivos empleados en la red de distribución óptica (ODN), lo que significa que su instalación no es muy costosa lo que impulsa a implementarse en la institución.

RECOMENDACIONES

- Para la red GPON con arquitectura FTTB el cableado estructurado de todos los edificios de la ESPOCH, debe ser el adecuado para soportar esta tecnología asimismo debe estar en perfectas condiciones para que de esta manera se brinde a los usuarios de la ESPOCH todos los beneficios que ofrece la tecnología GPON de manera satisfactoria.
- Al contar con la nueva infraestructura de red se aconseja capacitar al personal encargado de la red de telecomunicaciones de la ESPOCH, con el fin de contar con gente idónea, para brindar el mejor servicio posible.
- Se propone realizar un estudio de la plataforma y equipos necesarios para implementar el servicio de TV por RF utilizando la ventana de 1550 e IPTV para la ESPOCH, ya que al contar con una red que soporta estos servicios sería muy ventajoso hacer uso de los mismos.
- Las instituciones educativas deberían optar por las redes de fibra óptica con tecnología GPON por los beneficios que presentan, además al no ser una tecnología tan nueva en el país los costos de implementación no son altos, lo que ayuda a impulsar su implementación garantizando la calidad de los servicios.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AES	Estándar Avanzado de Encriptación
APON	ATM Passive Optical Network
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BER	Bit Error Rate
BPON	Broadband PON
CATV	Televisión por cable
DTIC	Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación
EDG	Escuela de Diseño Gráfico
EFM	Ethernet First Mile
EIE	Escuela de Ingeniería Electrónica
EIS	Escuela de Ingeniería en Sistemas
EM	Escuela De Medicina
EML	External modulated laser
EPON	Ethernet sobre redes ópticas pasivas
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica De Chimborazo
FADE	Facultad de Administración de Empresas
FC	Facultad de Ciencias
FCP	Facultad de Ciencias Pecuarias
FIE	Facultad de Informática y Electrónica
FM	Facultad de Mecánica
FRN	Facultad de Recursos Naturales
FSP	Facultad de Salud Publica
FTTB	Fibra hasta el edificio
FTTC	Fibra hasta el gabinete
FTTH	Fibra hasta la casa
FTTN	Fibra hasta el nodo
FTTX	Fibra hasta X lugar
GEM	Método de encapsulación GPON
GPON	Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit
IPTV	Televisión por Protocolo de Internet
ITU-T	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones
MBI	Management Information Base
MPCP	Multi Point Control Protocol
NAP	Caja de distribución óptica

NRZ	No return to zero
ODN	Red de distribución óptica
OLT	Terminación de Línea Óptica
OMCI	ONT Management and Control Interface
ONT	Terminal de Red Óptica
ONU	Unidad de Red Óptica
PMD	Polarization Mode Dispersion
PON	Red Óptica Pasiva
RZ	Retorno a Cero
STB	Set-Top Box
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
VLAN	Red de área local virtual
WDM	Wavelength Division Multiplexing

BIBLIOGRAFÍA

ALULINA SALAZAR, Enrique Israel & PALADINES BRAVO, Cesar Augusto. Diseño de una red GPON para la localidad de Vilcabamba. [En Línea] (Tesis) (Pregrado) Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. 2014. pp. 6-16. [Consulta: 2016-04-21]. Disponible en: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8473/1/Alulima_Salazar_Enrique_Israel%20Paladines_Bravo_Cesar_Augusto\(Para%20subir%20al%20dspace\).pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8473/1/Alulima_Salazar_Enrique_Israel%20Paladines_Bravo_Cesar_Augusto(Para%20subir%20al%20dspace).pdf)

García, A. *GPON y GPON Doctor Introducción y Conceptos Generales* [En línea]. Versión 2.3. España: agytelnet, mayo 2014. pp. 7-14 [Consulta: 2016-05-01]. Disponible en: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>

GOMEZ BOSSANO María Sol & MOREJON GAIBOR Adriana Paola. “Estudio y diseño de una red de acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones triple play (voz, video y datos) en el sector oriental de la ciudad de Riobamba”. [En Línea] (Tesis). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Informática Y Electrónica, Escuela De Ingeniería Electrónica En Telecomunicaciones Y Redes, Ecuador. 2012. pp. 44-46. [Consulta: 2016-07-2]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2911/1/98T00026.pdf>

Pérez, H. *La Guía FTTH PON Realización de pruebas de redes ópticas pasivas* [En Línea]. 5^a edición. Canadá: Exfo, 2012. [Consulta: 2 julio 2016]. Disponible en: <http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf>

Lattanzi, M. *Redes FTTx* [en línea]. Argentina: Editorial Universidad de Buenos Aires (EUDEBA), 2011. [Consulta: 20 agosto 2016]. Disponible en: <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/tutorial%209%20lattanzi%20y%20graf%20ieee.pdf>

La unión hace la fuerza, *Ventajas y desventajas del uso de la televisión en la educación*. [Blog]. 07 de noviembre. 2007. [Consulta: 6 agosto 2016]. Disponible en: <http://luhf.blogspot.com/2007/11/ventajas-y-desventajas-del-uso-del-la.html>

LOPEZ, M. *Sistemas de Transmisión* [En línea]. Perú: 2016, pp. 1-4 [Consulta: 2016-05-18]. Disponible en: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/page/pdf/FTTx?responseToken=9cb4d3564f0ce4e52486d297ad1cc44d>

LOZADA CONTRERAS, Jefferson David & LUCÍN FEBRÉ, Juan Antonio. “Diseño de una red GPON para la migración de la ruta no. 36 de la red de cobre de la central norte de CNT E.P. a fibra óptica, para proporcionar servicios de banda ancha fija en el sector de la ciudadela la atarazana incluyendo bloques # 14, # 15 y bloques de taura, en la ciudad de Guayaquil”. [En línea]. (Tesis) (Pregrado) Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Ecuador. 2015 pp. 20-26. [Consulta: 2016-04-21]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/95843/D-CD105664.pdf>

Millán, R. *GPON (Red Óptica Pasiva Con Capacidad De Gigabit)* [En línea]. México: enero 2008, pp. 7-14. [Consulta: 2016-04-01]. Disponible en: <http://www.ramonmillan.com/documentos/gpon.pdf>

RUIZ LOVATO, David Ricardo. Estudio comparativo y simulación de las tecnologías PON tradicionales y emergentes. [En Línea] (Tesis) (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador. 2015. pp. 104-1009. [Consulta: 2016-04-21]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10187/1/UPS%20-%20ST001841.pdf>

Santa cruz, O. *Principios generales del sistema de fibra óptica* [En línea]. España: abril 2008, pp. 1-14. [Consulta: 2016-03-19]. Disponible en: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroductorioResumen%20FO.pdf>

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

UIT-T G.984.3 *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos.*

UIT-T G.984.3 *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión.*

ANEXOS

Anexo A. ENCUESTA REALIZADA AL DTIC DE LA ESPOCH.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO ENTREVISTA

Cuestionario aplicado a la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación- DTIC

¿Qué tipo de red posee la ESPOCH?

¿Cuál es el ancho de banda y la velocidad de la red?

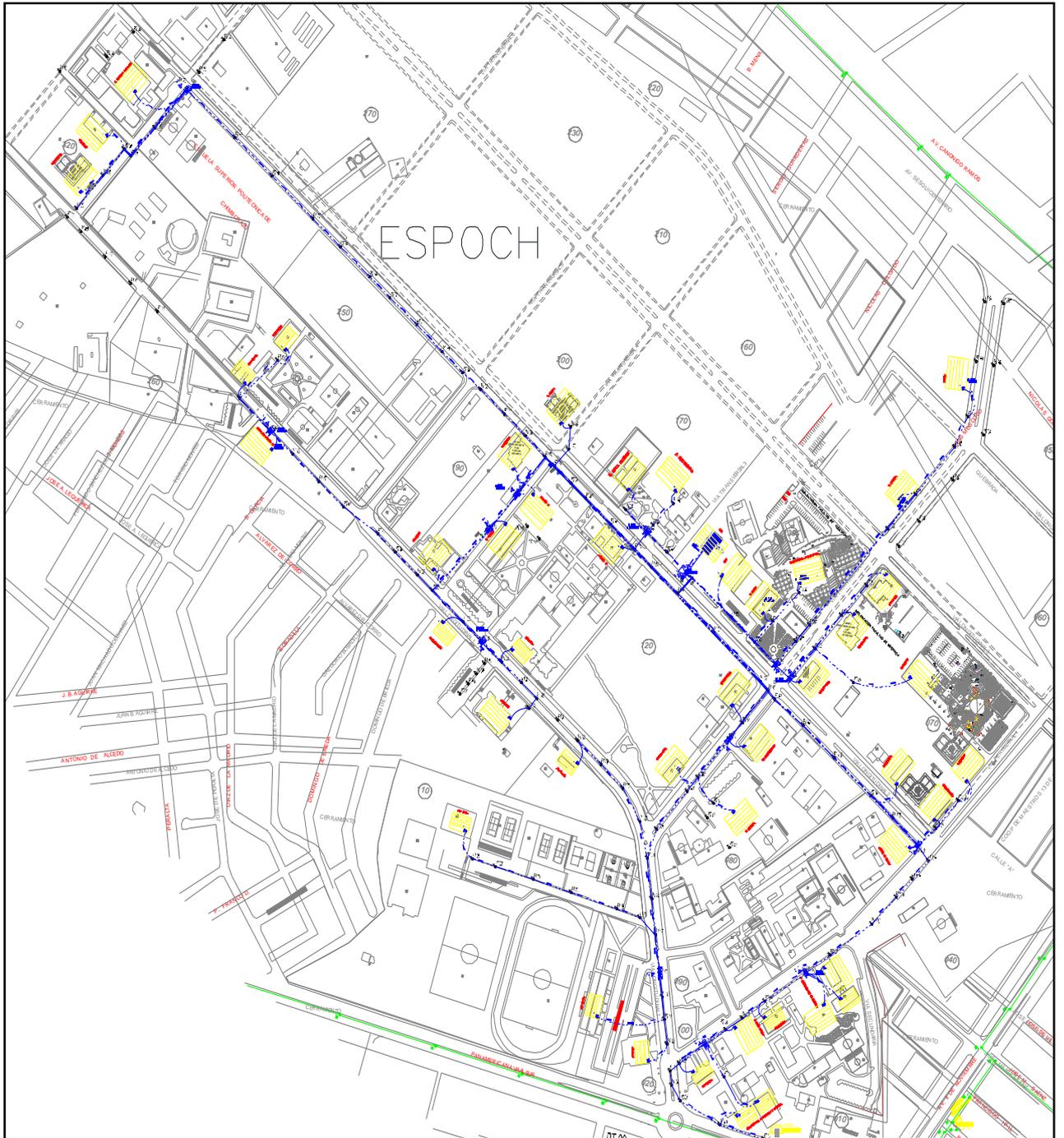
¿Qué problemas presenta la red de la institución?

¿Cree que poco a poco las redes tradicionales se van desapareciendo dando paso a otras tecnologías que proporcionan mayor velocidad y sobre todo un mayor número de servicios?

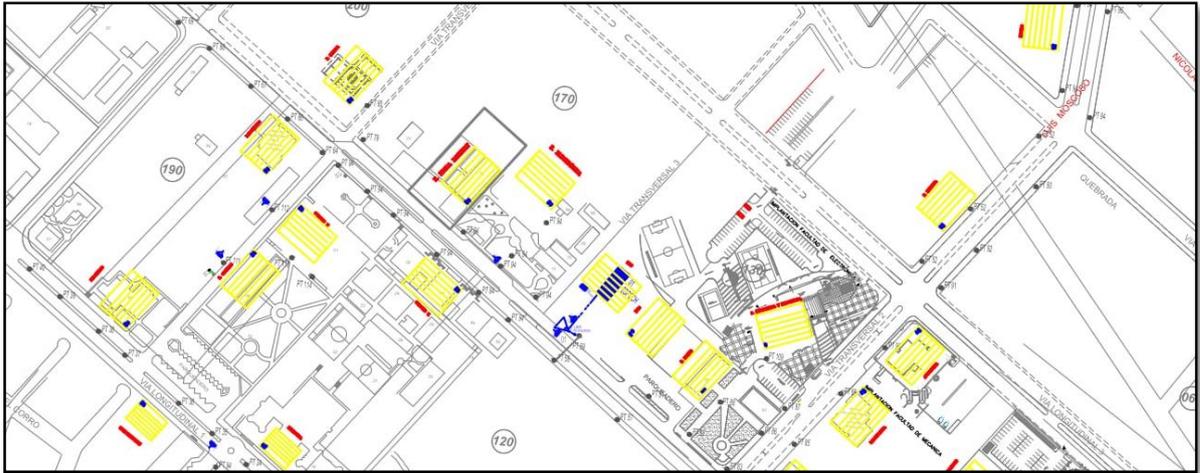
¿Por qué no se ha implementado una red óptica pasiva (PON) en la ESPOCH?

¿Cree que existe la necesidad por parte de los usuarios de la institución, acceder a mejores servicios y mayor ancho de banda?

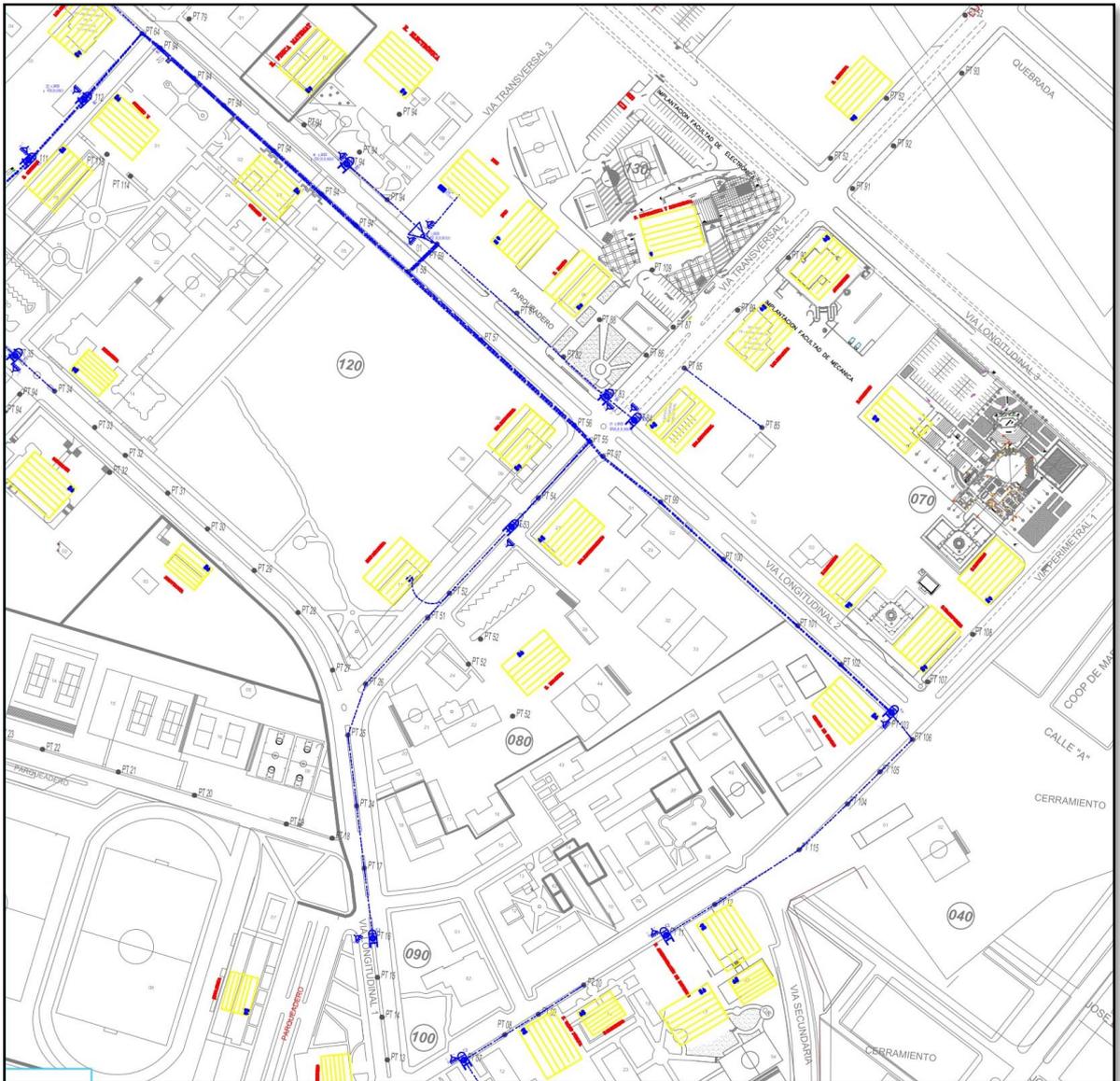
Anexo B. DISEÑO DE LA RED DE ACCESO GPON



RED FEEDER



RED DE DISTRIBUCIÓN



RED DE DISPERSIÓN



Anexo C. ESPECIFICACIONES OLT



SmartOLT

Características generales

Equipo de cabecera para redes GPON
 Gestión intuitiva a través del interfaz web del TGMS
 Dos opciones de interfaz de transporte: 10G o 4x1000Base-T
 Reducción de los costes por puerto GPON
 Reducción de la barrera de entrada de inversión en un sistema GPON



Características Ethernet/GPON

Totalmente compatible con ITU-T G984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.988
 Gestión remota de ONUs vía OMCI
 Algoritmo adaptativo DBA orientado a QoS
 Capacidad de reservar ancho de banda garantizado y ancho de limitar el 'best effort' por servicio y usuario, en ambas direcciones con granularidad de 64 Kbps.
 802.1ad, 802.1Q, 802.1p para soportar diferentes escenarios de VLAN de BBF TR-156
 QoS en conmutación
 DHCP Relay con opción 82
 IGMP Snooping y Querier
 Filtrado Multicast (hasta 256 direcciones IP multicast)
 Codificación FEC en ambas direcciones
 Cifrado AES 128-bit

Referencia de artículo

Nombre: SmartOLT
 Referencia: 400040117

TELNET GPON Management System

Acceso y gestión vía web a todas las OLTs y ONUs del operador
 Interfaz intuitiva para reducir el tiempo de configuración
 Gestión de perfiles de usuario
 Detección automática de las nuevas ONU conectadas para un aprovisionamiento más sencilla por parte del operador
 Orientado para poder configurar diferentes paquetes de IPTV por usuario
 Fácil configuración de los parámetros SIP de la ONU
 Reconfiguración automática de la ONU cuando su perfil cambia
 API disponible para la integración con sistemas de operador

Interfases

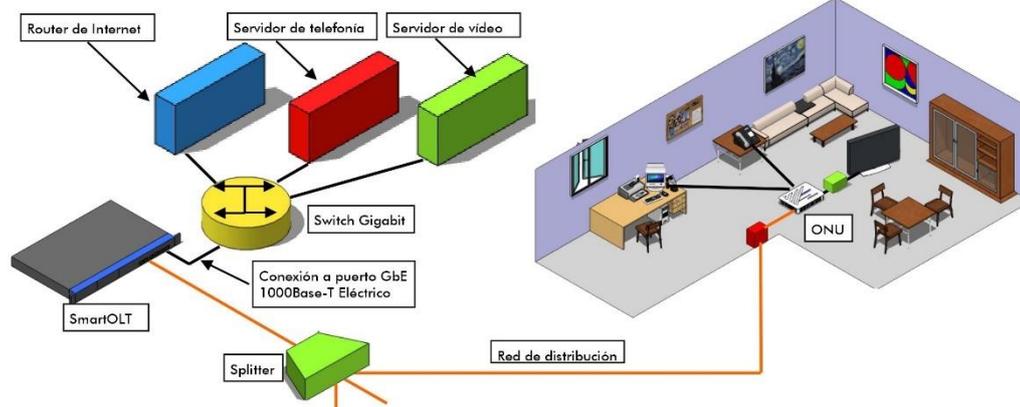
4x Puertos SFP GPON, 2,5Gb downstream, 1,25 Gb upstream
 1x Puerto SFP+ 10G de transporte que permite el 100% de uso del ancho de banda GPON
 4x Puertos GbE de transporte (1xGbE por puerto PON)
 1x Puerto de gestión FastEthernet
 1x USB interfaz de consola
 Ópticas OLT B+ y C+ disponibles.

Características técnicas

Dimensiones: 1UA x 19"

Fuente de alimentación redundante, opciones diferentes:

- Fuente de alimentación universal: 110-220V AC, 50-60Hz con CEE 7/7 conector de forma predeterminada.
- 48V DC
- Consumo: 40W



Inversión escalonada según necesidades

La SmartOLT de TELNET Redes Inteligentes es un equipo pensado para aquellos operadores que desean poner en marcha una red FTTH GPON armonizando los costes de despliegue con el alta de abonados. En efecto, en cualquier despliegue FTTH es clave la inversión inicial requerida para dar servicio a los primeros abonados, obligando al operador a realizar importantes desembolsos en equipamiento cuando el volumen de clientes es aún reducido.

Con un mínimo presupuesto de arranque, la SmartOLT permite al operador prestar servicios GPON a los primeros clientes y, de manera escalonada, ampliar las capacidades del equipo según se captan nuevos abonados. Esto es posible gracias a las siguientes características diferenciadoras de TELNET: Gestión avanzada del tráfico Ethernet en la propia SmartOLT, limitación de ancho de banda y soporte para servicios IPTV, modularidad de puertos GbE y 10G, y la arquitectura de gestión centralizada que ofrece la plataforma TELNET GPON Management System.

Gestión avanzada de tráfico Ethernet

La SmartOLT de Telnet incluye todas las funcionalidades esenciales para realizar el tratamiento a nivel Ethernet del tráfico procedente/destinado a los usuarios. De manera nativa, y sin costes adicionales, la SmartOLT soporta en todos sus puertos funcionalidades 802.1p (Clase de servicio), 802.1Q (VLAN), 802.1ad (QinQ VLAN) e IGMP v3 (Multicast de vídeo).

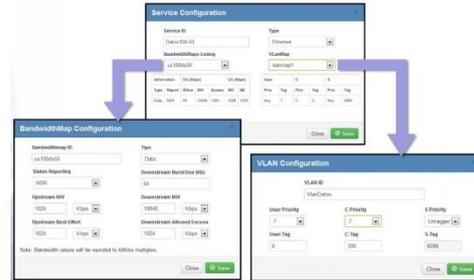
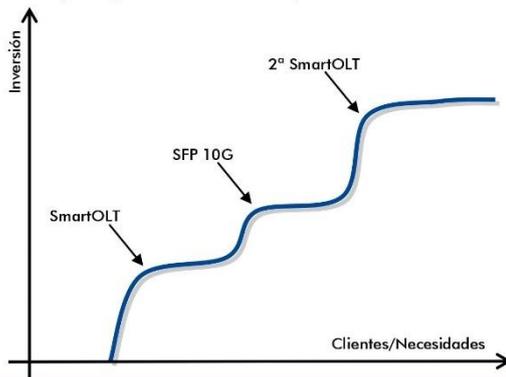
Limitación de ancho de banda y servicios IPTV

La solución TELNET para GPON proporciona anchos de banda garantizados y políticas de *best effort* tanto en bajada como en subida, y da la flexibilidad de definirlos de manera independiente por servicio y por usuario.

Las ONUs de TELNET son también capaces de filtrar tráfico en base a la dirección IP multicast. Esto permite al operador ofrecer distintos paquetes de canales por usuario sin necesidad de invertir en sistemas de encriptación caros y complejos.

Modularidad de puertos GbE y 10GbE

La modularidad de puertos GbE/10G facilita conexión de la SmartOLT a los sistemas del operador. En su configuración de serie, la SmartOLT de TELNET dispone de cuatro puertos Gigabit Ethernet eléctricos (RJ-45). Cada uno de estos puertos está vinculado a uno de los cuatro puertos PON disponibles. Esto significa que para poner en marcha una red GPON el operador solo tiene que preocuparse de disponer de un puerto GbE "libre" donde conectar la SmartOLT. Cuando el operador desee ampliar la conexión de sus sistemas a la SmartOLT a velocidad 10G, solo tiene que adquirir un SFP+ 10G de bajo coste.



Arquitectura de gestión centralizada

TELNET GPON Management System permite gestionar de manera unificada decenas de SmartOLT como si se tratase de un único sistema.

Este sistema de gestión permite crear perfiles de ONUs con los servicios correspondientes a cada oferta de servicios que tenga en cartera el operador, como telefonía, vídeo, datos, double-play o triple-play, permitiendo posteriormente asignar a la ONU de un abonado el paquete de servicios contratado de forma rápida e intuitiva.

También ofrece la posibilidad de ver el estado de las ONUs disponibles en cada red PON, su estado, y los servicios que tiene asignados en cada momento.

Este sistema de gestión está especialmente orientado a la usabilidad y a la facilidad de la gestión de los abonados, siendo muy sencilla la creación de perfiles y el descubrimiento de nuevas ONUs de abonados a las cuales asignarles estos perfiles para comenzar a darles servicio de una forma fácil y rápida.

La funcionalidad de gestión centralizada de las OLTs permite al operador incrementar la capacidad de su red con solo añadir una nueva SmartOLT a su rack y, con un solo click de ratón, exportar perfiles de usuario y ofertas de servicios. Además esta arquitectura modular aporta al operador significativas ventajas al no haber un punto singular de fallo ya que cada SmartOLT es independiente en sus necesidades de alimentación, supervisión y tratamiento de tráfico Gigabit Ethernet.

Anexo D. ESPECIFICACIONES ONU



Hacemos posible la
Sociedad de la Información

WaveAccess 4032

4x1GbE + 2xPOTS + WiFi 802.11b/g/n + RF



WaveAccess 4032

Características

Terminal de red óptica (ONU) diseñado para su uso residencial y pequeñas empresas. Cumple con el ITU-T G.984 e integra funcionalidades de Gateway residencial, para proveer servicios de triple play y WiFi para acceso a red.

Tasa de datos

Maximiza las posibilidades de la red GPON permitiendo tasas de transferencia de 2.488 Gbps (Downstream) y 1.244 Gbps (Upstream)

KEY FEATURE

Interoperable
Compatible con las OLT GPON de los principales fabricantes del mercado*

Ópticas clase B+

Para transmitir y recibir potencia óptica de acuerdo con la ITU-T G.984.2.

ITU-T G.984 - OMCI

La implementación de la pila OMCI sigue la guía de implementación del estándar

KEY FEATURE

WiFi

La conmutación entre WiFi y LAN/WAN se realiza a nivel HW, permitiendo la tasa máxima de routing/bridging. Además, soporta 802.11 b/g/n para ofrecer gran velocidad y alcance.

Descriptado AES y codificación FEC

Compatible con descriptado AES-128 y codificación FEC, soportado tanto en ascendente como en descendente

Filtrado IPTV

Tiene capacidad de filtrado por dirección multicast de destino, lo cual permite ofrecer distintos paquetes de televisión IPTV para cada cliente incluso estando en la misma red PON

KEY FEATURE

RF Video Overlay

Transforma la señal de video a 1550nm, y gracias a su salida RF permite la conexión directa a un monitor.

Parámetros de fábrica configurables

El WaveAccess 4032 permite al operador realizar configuraciones "de fábrica" de manera que cuando el usuario aprieta el botón Reset, el equipo vuelve a dicha configuración, reduciendo así los costes operativos por incidencias

Familia TELNET WaveAccess

La familia WaveAccess de TELNET es una gama de terminales de red óptica basada en la tecnología GPON FTTH (Gigabit Passive Optical Network).

Este conjunto de ONUs ofrece una gran variedad de modelos con el fin de cumplir las necesidades del despliegue GPON, ofreciendo ONUs de nivel 2 y 3, en formato SFP, con puertos Gigabit Ethernet, WiFi, router integrado, puertos POTS y salida para cable coaxial para video RF sobre fibra (RF Overlay).

Esta variedad de ONUs permite al operador disponer del equipamiento adecuado para las de distintas arquitecturas de acceso como Fibra hasta el hogar (FTTH), Fibra hasta el edificio (FTTB) o Fibra hasta la Oficina (FTTD), así como para distintos entornos como el residencial, industrial u oficinas.

Las ONUs de TELNET implementan la pila OMCI y soportan el etiquetado VLAN (802.1p y Q-in-Q), lo cual las hacen capaces de soportar los servicios definidos en el informe técnico Broadband Forum TR-156.

Todas las ONUs de la familia WaveAccess son 100% compatibles con la SmartOLT de TELNET, y su sistema de gestión web, el TGMS (TELNET GPON Management System). Mediante el TGMS, el operador puede configurar ofertas triple play en cuestión de minutos, y gestionar el parque de SmartOLTs y ONUs desplegados, todo ello desde un único interfaz web, y de manera sencilla e intuitiva.

Especificaciones técnicas

Características generales

2.5G en downstream y 1.25G en upstream

4x10/100/1000 Base-T Ethernet

2xPOTS interfaz telefónica para el servicio de VoIP

WiFi 802.11b/g/n

1x Coaxial RF tipo F

Interoperable con las OLTs de los principales fabricantes*

GPON

Diseñado siguiendo la especificación ITU-T G.984.x y G.988

Cumple con Broadband Forum TR-156

Activación con descubrimiento automático de SN y contraseña en conformidad con la recomendación ITU-T G.984.3

Cifrado AES-128 con generación de claves y conmutación

FEC (Forward Error Correction) bidireccional

Autodetección de Rogue ONU

Interfaz óptico

Conector SC/APC

2,488 Gbps Downstream / 1,244G bps de ancho de banda

Ópticas clase B + (28dB de presupuesto de pérdida óptica)

Longitudes de onda: US 1310nm, DS 1490nm

Interfaz Ethernet

4 x 10/100/1000 Base-T interfaz para conectores RJ-45

Etiquetado/intercambio VLAN por puerto Ethernet

VLAN stacking (Q-in-Q), traducción y filtrado VLAN

Marcado de tráfico usando 802.1p

IGMP Snooping, soporte para IGMP v1/v2/v3

Filtrado de video multicast basado en dirección multicast destino

Interfaz POTS

2xconector RJ-11

Soporta múltiples codecs: G.711ALaw, G.711µLaw, G.729a, G.722

Router

Funcionalidad de cliente PPPoE

Funcionalidad NAT/NATP

Servidor/cliente DHCP para asignación dinámica de direcciones IP

WLAN

WiFi IEEE 802.11 b/g/n

Banda de frecuencias 2.4Ghz, con 13 canales

Seguridad WEP, WPA y WPA2. Autenticación WPS

Conmutación WiFi-LAN/WAN wireless

Instalación

Dimensiones

217mmx167mmx39mm

Peso: <1Kg

Fuente de alimentación 12V DC / 2A

Rango de funcionamiento

Temperatura: 0 ~ 55° Celsius

Humedad: 10 ~ 90% de humedad relativa

RF

Longitudes de onda: 1550-1560 nm

Ancho de banda RF: 47 - 1003 MHz

Rango de potencia óptica de entrada: -8 a 2 dBm

Impedancia RF Zout = 75 ohm

Información para pedido

Nombre: WaveAccess 4032

Referencia:



*Contacte para más información sobre modelos de OLT que soportan interoperabilidad

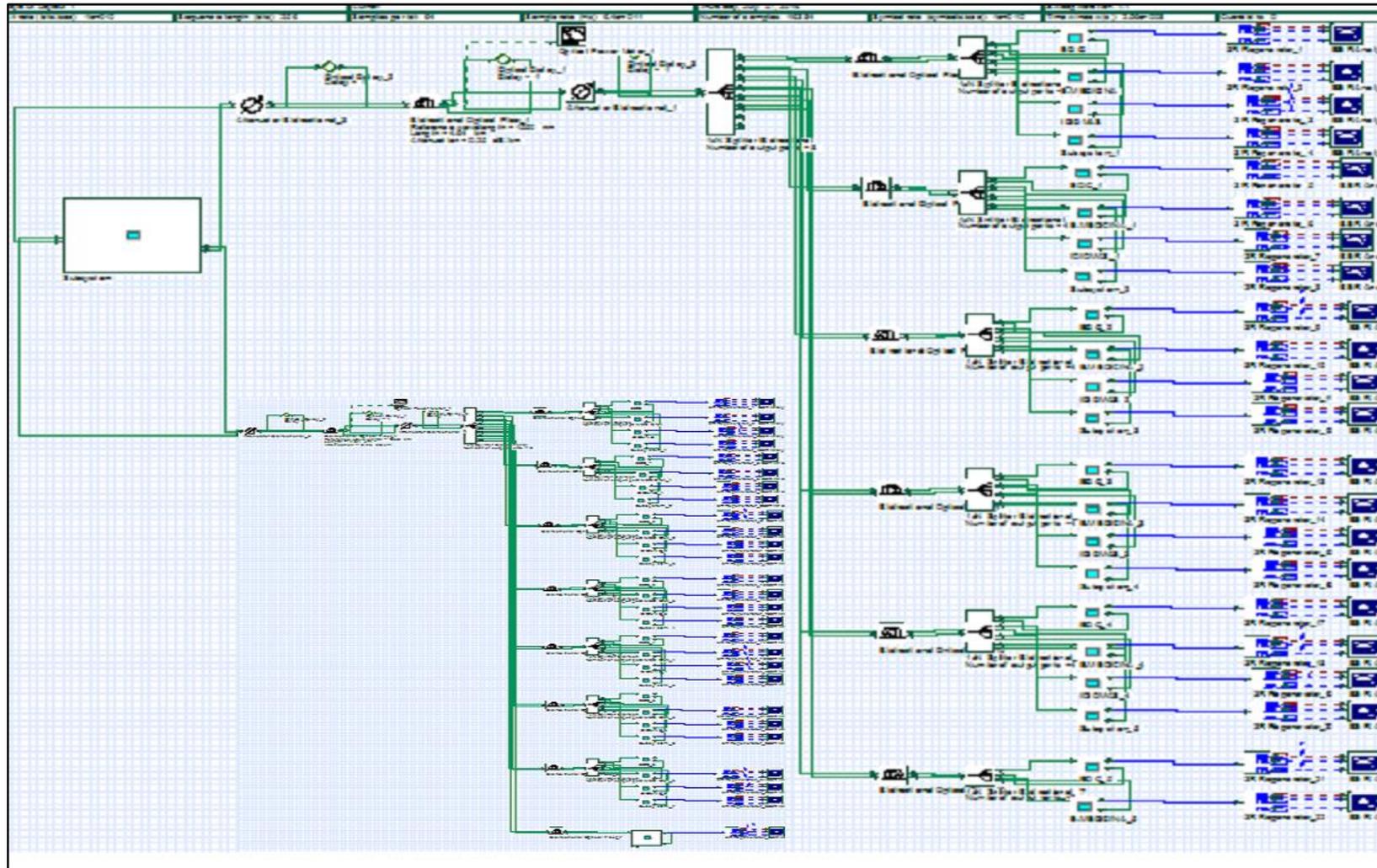
Información de Contacto

TELNET Redes Inteligentes
Oficinas Centrales
Polígono Industrial Centrovía
c/ Buenos Aires, 18
50198 La Muela, Zaragoza
España
Teléfono: (+34) 976 14 18 00
Fax: (+34) 976 14 18 10
telnet@telnet-ri.es

Oficina Comercial en Madrid
Avda. Menéndez Pelayo, 85 - 1º A
28007 Madrid
España
Teléfono: (+34) 91 434 39 92
Fax: (+34) 91 434 40 84

Filial en Portugal
NETIBERTEL
Av. Fontes Pereira de Melo, 35 - 14ºD
1050-118 Lisboa
Portugal
comercial.pt@telnet-ri.es

Anexo E. DISEÑO DE LA SIMULACIÓN.



CATV AMPLIFICADOR DE INTERIOR

Televes®

CATV

CATV Amplificador de interior

Ref. 534602, 534702, 536602, 536702

ES

RANGO DE PRODUCTOS

Ref	Descripción
534602	Microkom T3 20RET65
534702	Microkom T3 24RET65
536602	Microkom T3 30RET65
536702	Microkom T3 35RET65

Requisitos de seguridad

Condiciones generales de instalación:

- Antes de manejar o conectar este equipo, lea atentamente todas las alertas e instrucciones de este manual.
- Con el objeto de reducir el riesgo de fuego o de una descarga eléctrica, no exponga el equipo a la lluvia o a condiciones excesivamente húmedas.
- No abra nunca el equipo sin desconectarlo antes de la red.
- No obstruya el sistema de ventilación del equipo y permita que el aire circule alrededor del equipo.
- El equipo nunca debe entrar en contacto con el agua o incluso ser salpicado por líquidos. Por ello no sitúe contenedores de agua sobre o cerca del equipo si este no está adecuadamente protegido.
- No sitúe el equipo cerca de fuentes de calor, como radiadores, estufas, calentadores u otros equipos electrónicos.
- No instale el equipo donde pueda estar sometido a fuertes vibraciones o golpes.

Como utilizar el equipo con seguridad

- Si cualquier líquido hubiera entrado en el equipo, contacte con un técnico especializado.
- No enchufe el equipo a la red eléctrica hasta que todas las demás condiciones hayan sido realizadas.

- La toma de corriente a la que esté enchufada el equipo debería estar situada cerca y ser fácilmente accesible.
- Asegúrese de que todos los cordones de corriente, clavijas y cables coaxiales no estén pellizcados ni doblados en exceso, para prevenir cualquier posibilidad de daño, descarga eléctrica o fuego.
- Desenchufe la unidad de la red tirando únicamente de la clavija.

Descripción de los símbolos de seguridad eléctrica.



Este símbolo indica el cumplimiento con los requisitos de seguridad de un equipo Clase II.



Este símbolo indica el cumplimiento con los requisitos de la marca.

Información de reciclado

Después de la vida útil, deshacerse de este equipo como un residuo electrónico, de acuerdo a la reglamentación vigente sobre tratamiento de residuos que sea aplicable en su jurisdicción/nación.

Descripción general

Gama de amplificadores diseñada para distribución de multimedia en edificios de tamaño pequeño/medio. Estos amplificadores se caracterizan por tener canal principal y canal de retorno, con sus respectivos ajustes de ecualización y atenuación que permiten un ajuste del nivel de salida óptimo según las necesidades del instalador. Los ajustes del amplificador se realizan mediante puentes insertables que permiten seleccionar los valores, tanto de atenuación como de ecualización, en saltos de un valor fijo. La utilización de puentes insertables permite una fácil y rápida lectura de los valores ajustados.

El canal de retorno activo es totalmente configurable por medio de puentes. Su margen de atenuación de señal es de 0-18 dB, en saltos fijos de 2 dB. El ecualizador es igualmente configurable y su margen es de 0-6 dB en saltos fijos de 3 dB.

El canal principal tiene a su entrada atenuador y ecualizador configurables mediante puentes, en un margen de 0-18 dB, en saltos fijos de 2 dB. Además, tiene la posibilidad de un ajuste de 6 dB de atenuación y ecualización entre etapas, mediante dos puentes dobles. De acuerdo con la posición del puente al ser insertado, la atenuación/ecualización se puede elegir entre 0 ó 6 dB, independientemente.

El amplificador está alojado en un chasis de zamak inyectado que contribuye a reducir la temperatura de sus componentes gracias a su elevada capacidad de disipación del calor.

Un LED ON/OFF en el exterior del chasis indica cuando el amplificador está conectado a la red. Otro LED situado en su interior indica si le llega alimentación al amplificador.

Una vez abierta la unidad (aflojando el tornillo de su tapa frontal) se muestra un intuitivo diagrama de bloques del amplificador que permite comprender su funcionamiento y realizar

los ajustes necesarios para obtener el adecuado nivel de salida.

Ajustes del amplificador

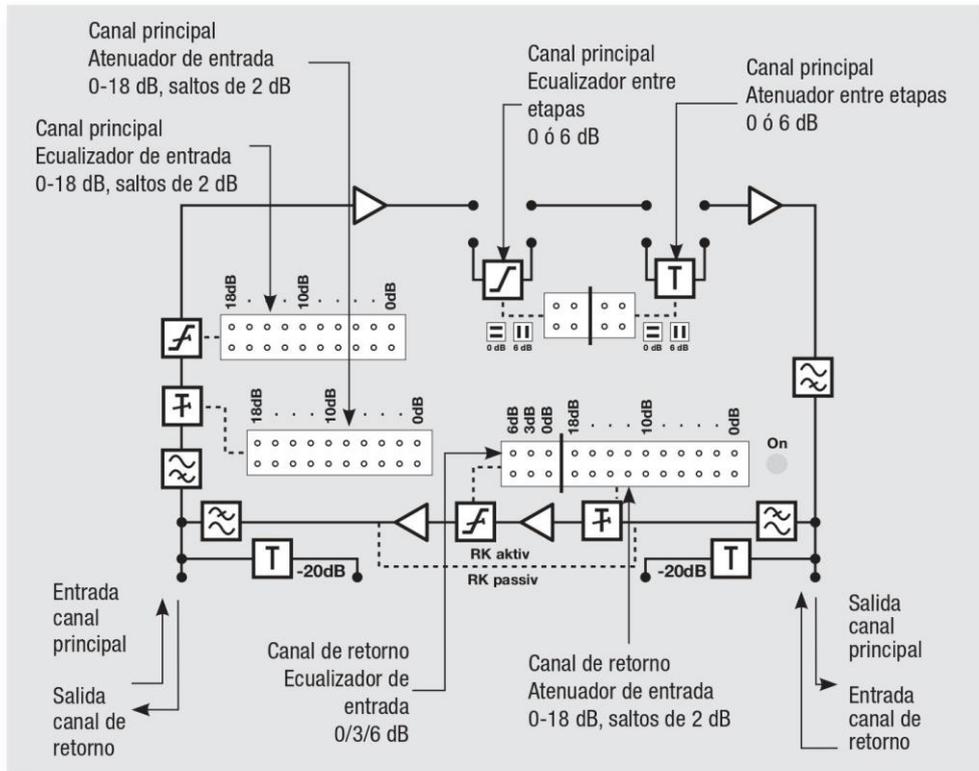
Abra el amplificador aflojando el tornillo que se encuentra en su tapa frontal.

La ilustración que sigue muestra el diagrama de bloques que verá dentro del amplificador. Para ajustar los valores de atenuación/ ecualización, inserte el puente en el valor requerido para la instalación.

El canal principal se caracteriza por poseer ecualización y atenuación independiente entre etapas. Dos puentes dobles pueden ser insertados en dos posiciones, tal como se indica en el diagrama.

El puente posicionado así , no atenúa la señal. El puente posicionado así , atenúa la señal 6 dB.

De la misma forma se procede con el doble puente correspondiente a la ecualización.



El canal de retorno activo posee un atenuador de entrada variable desde 0-18 dB en saltos de 2 dB, y un ecualizador variable entre etapas de 0-6 dB en saltos de 3 dB.

La tabla que sigue indica la compatibilidad entre estos módulos para el canal de retorno y las referencias de los amplificadores.

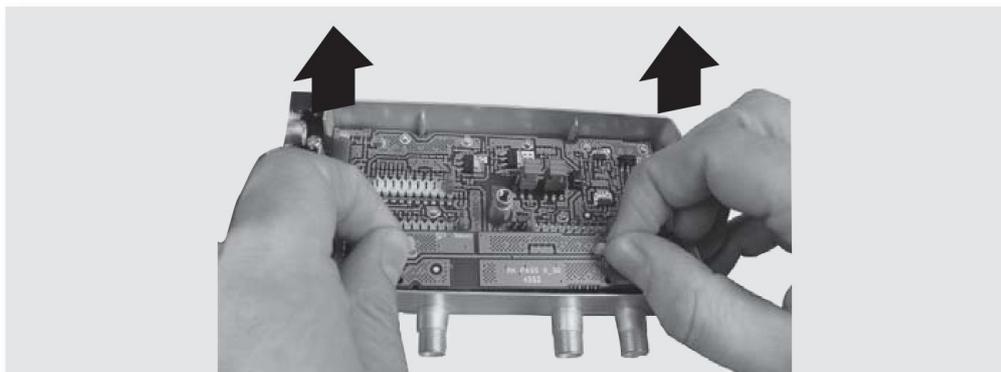
Las referencias 455320, 455325 y 455328 son los módulos insertables disponibles para modificar la ganancia del canal de retorno.

Una vez que todos los ajustes hayan sido realizados, cierre el amplificador y apriete el tornillo de su tapa frontal.

Tabla.- Compatibilidad entre módulos para el canal de retorno y referencias de amplificadores

Referencia del amplificador	Referencia del módulo para el canal de retorno (ganancia dB)		
	455320 (20 dB)	455325 (25 dB)	455328 (28 dB)
534602	x		
534702	x		
536602		x	
536702		x	x

Como extraer el modulo del canal de retorno

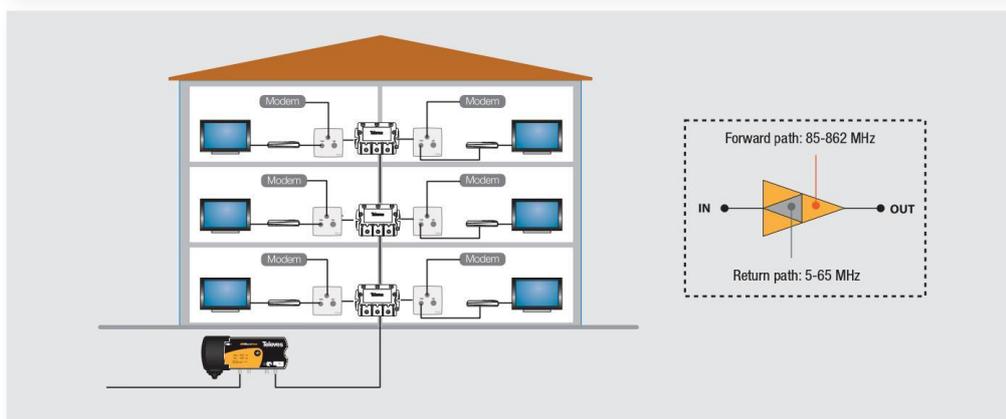
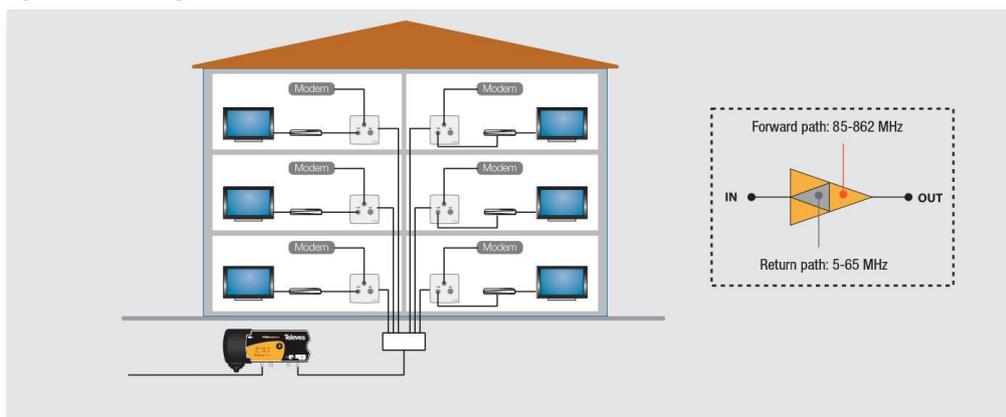


Características técnicas		534602	534702	536602	536702
Canal principal					
Rango de frecuencias	MHz	85...862			
Ganancia		20	24	30	35
Desviación valor nominal		± 1			
Respuesta en frecuencia		± 1.5			
Atenuador de entrada, pasos de 2dB	dB	0 ... 18			
Atenuador entre etapas		0/6			
Ecuilizador de entrada, pasos de 2 dB		0 ... 18			
Ecuilizador entre etapas		0/6			
Figura de ruido		≤ 7.5			
Nivel de salida	DIN 45004B	118			
	CSO (42 canales 862 MHz) 60dB	100			
	CTB (42 canales 862 MHz) 60dB	100			
Pérdidas de retorno	dB	> 12			
Salidas de test		- 20			
Canal de retorno					
Rango de Frecuencias	MHz	5 ... 65			
Ganancia		20	20	25	28
Desviación valor nominal		± 1			
Respuesta en frecuencia		± 1			
Atenuador de entrada, pasos de 2dB	dB	0 ... 18			
Ecuilizador entre etapas		0/3/6			
Figura de ruido		≤ 6			
Nivel de salida	DIN 45004B	118			
	64QAM 4TP (conforme especificaciones KBW)	115 (1.0 e-8)			
Pérdidas de retorno	dB	>12			
Salidas de test		-20			

Características técnicas		534602	534702	536602	536702
Características generales					
Consumo eléctrico	Watt	5	5	5.5	6
Tensión de alimentación	Vac/Hz	207 - 253 / 50-60			
Rango de temperatura	°C	-10 ... + 45			
Protección descargas electrostáticas (EN61000-4-2)	kV	8			
Grado de protección		clase II			
Indice de protección	IP	20			
Conexiones RF	tipo	F-hembra			
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo) / Peso	mm/g	185 x 80 x 35 / 400			

Observación: Estos datos están de acuerdo con las circunstancias reales del producto en el momento de su publicación, excepto aquellos errores debidos a la impresión, errores y modificaciones, y están expuestos a ser cambiados sin previo aviso.

Aplicaciones típicas



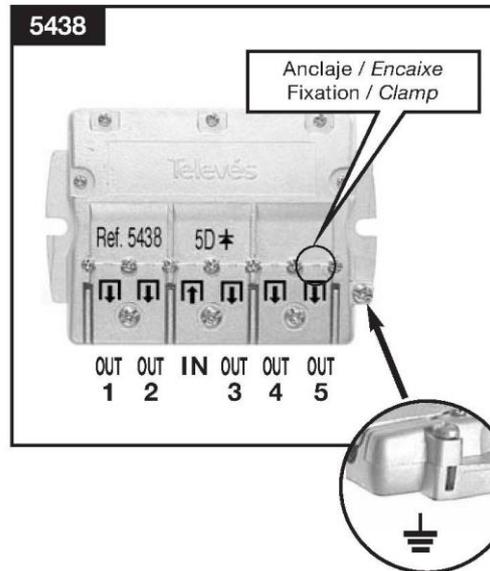
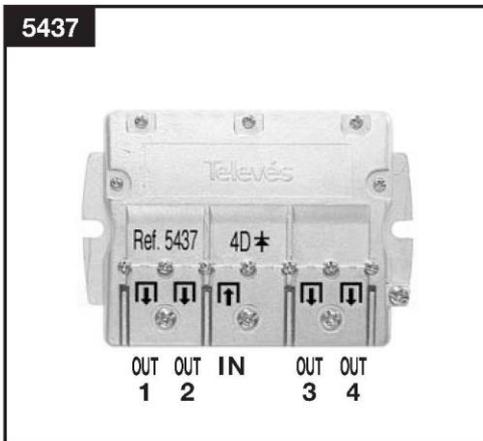
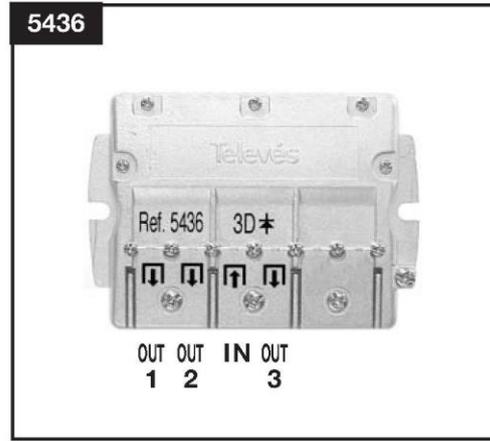
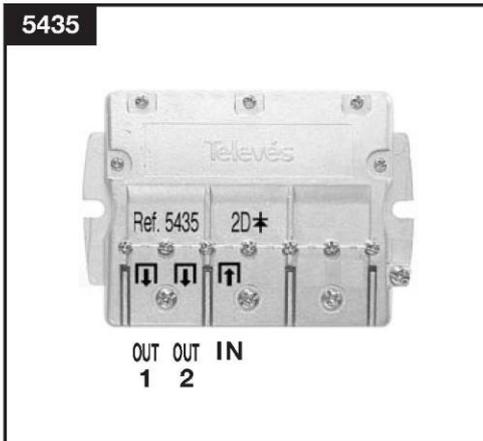
REPARTIDOR EMC 5436

Televes

SMATV

Repartidores EMC
Repartidores EMC
Répartiteurs EMC
Splitters EMC

Refs. 5435, 5436, 5437, 5438



Televes

Repartidores EMC
 Repartidores EMC
 Répartiteurs EMC
 Splitters EMC

SMATV

Refs. 5435, 5436, 5437, 5438

Accesorios
 Acessórios
 Accessoires
 Accessories



Ref. 5455



75 ohm
 Ref. 4087

Características técnicas	Características técnicas	Spécifications techniques	Technical specifications				
Referencia	Referência	Référence	Reference	5435	5436	5437	5438
Margen frec.	Margem freq.	Marge fréq.	Freq. range	5 - 2400 MHz			
Atenuación	IN - OUT	(dB)	5 - 47 MHz	3,5	6,5	8	10
Atenuação			47 - 862 MHz	4,5	7	7,5	10
Atténuation			950 - 2400 MHz	5,5	7 ... 11	9,5	9,5 ... 12
Rechazo entre salidas	(dB)		5 - 862 MHz	> 15	> 15	> 17	> 15
Rejeição entre saídas			950 - 2400 MHz	> 15	> 15	> 15	> 15
Réjéct entre sorties							
Rejection between outputs							
Tensión máx.	Tensão max.	Voltage max.	Max. voltage	40 V _{DC}			
Corriente máx.	Corrente max.	Courant max.	Max. current	(OUT --> IN) 300 mA			
Caida D.C.	Queda de DC.	Chute tension	Drop out volt.	(OUT --> IN) 0,7 V (typ) @150 mA			

El paso de corriente sólo es posible de las salidas hacia la entrada.

A passagem de corrente só é possível das saídas para a entrada.

Passage de courant des sorties vers l'entrée exclusivement.

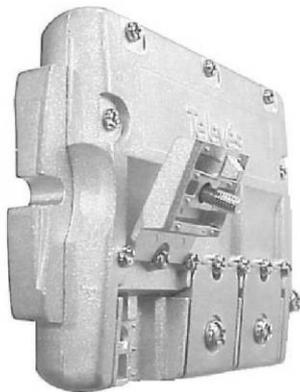
The DC pass can only go from the outputs to the input.

Televes

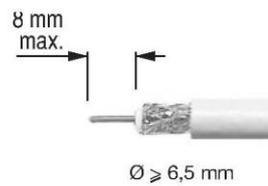
SMATV

Repartidores EMC
Repartidores EMC
Répartiteurs EMC
Splitters EMC

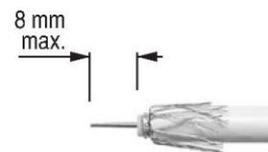
Refs. 5435, 5436, 5437, 5438



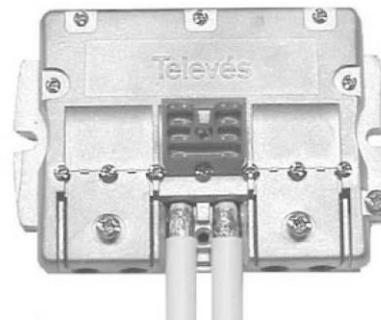
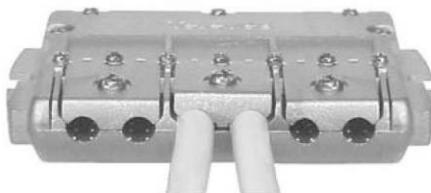
Anclaje de brida para facilitar el conexionado
Encaixe da braçadeira para facilitar a ligação
Fixation de la bride pour simplifier la connexion
Cable clamp joint for easy connection.



$\text{Ø} \geq 6,5 \text{ mm}$



$\text{Ø} < 6,5 \text{ mm}$



Mismo pelado para cables de una misma brida.
Mesmo descarnado para cabos da mesma braçadeira
Même découpe du câble par bride
Same stripping for cables with the same clamp.

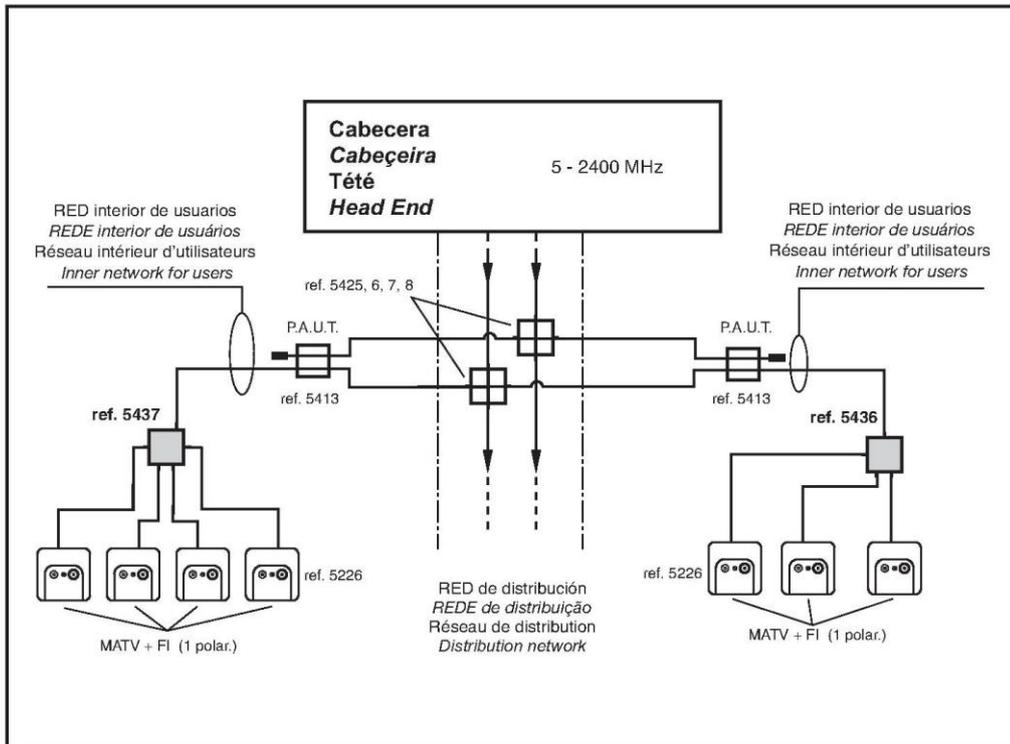
Televes

SMATV

Repartidores EMC
 Repartidores EMC
 Répartiteurs EMC
 Splitters EMC

Refs. 5435, 5436, 5437, 5438

Aplicación Aplicação Application Application



Televes S.A. declara bajo su exclusiva responsabilidad la conformidad de éste producto con las Directivas 89/336/CEE y 73/23/CEE.

Puede obtener la Declaración de Conformidad e información complementaria en la página Web:

Televes S.A. hereby states, under its own responsibility, that this product is in compliance with the orders of the Directives 89/336/EEC and 73/23/EEC.

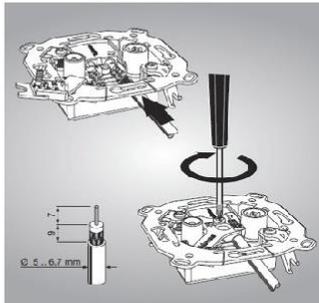
You can obtain the Declaration of Conformity and complementary information in the Web page:

<http://www.televes.com>



0103253-007

TOMAS DE TIPO T1 R-TV

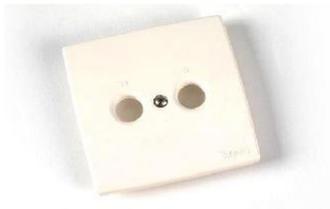


- Dovoljno je umetnuti koaksijalni kabl da bi hvataljke prihvatile unutrašnji provodnik i ostvarile čvrstu konekciju.

- Dimenzija unutrašnjeg provodnika od \varnothing 0,65 do \varnothing 1,2 mm.

- Spoljašnja dimenzija kabla \varnothing 5 do \varnothing 6,9 mm.

- Usklađeno sa Evropskim direktivama: 2004/108/CEE (EMC Directive) i 2006/95/CEE (Low Voltage Directive (LVD))

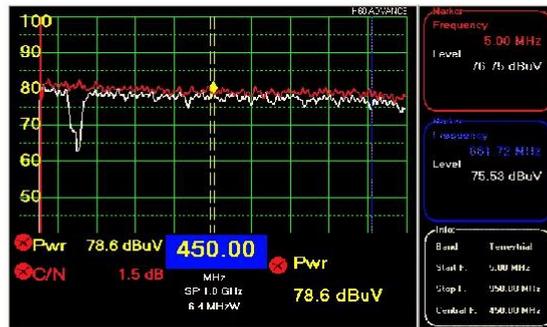


Prednja maska

Referenca		5232	
Broj izlaza	n°	2	
Frekventni opseg TV izlaz	MHz	5-68 / 109-790(862)	
Frekventni opseg FM izlaz		87.5-108	
Slabljenje TV izlaz	5-68 MHz	dB	0.5
	109-862 MHz		
Slabljenje FM izlaz	87.5-108 MHz	dB	3
DC prolaz napajanja		;-	
Montaža		Fi60 dozna	
Konektor - RTV izlaz		IEC muški	
Konektor - FM izlaz		IEC ženski	

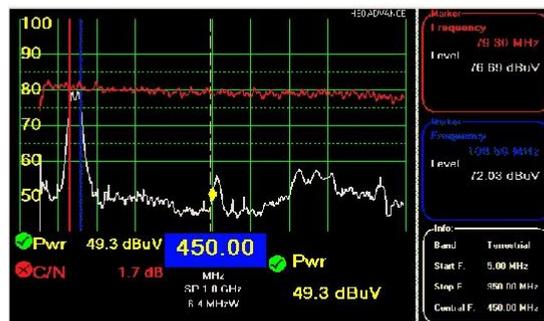
Frekventni odziv:

TV izlaz



crvenom bojom je obeležen ulazni spektar

FM izlaz



crvenom bojom je obeležen ulazni spektar