



# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

Diseño e Implementación de un Sistema VoIP e Internet Vía GPON

Autora:  
ANA MARGARITA PERALVO VACA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2011

## ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

### CERTIFICACIÓN

ING. CARLOS ROMERO

ING. FABIÁN SÁENZ

CERTIFICAN

Que el trabajo los titulados “**Diseño e Implementación de un Sistema VoIP e Internet vía GPON**”, realizado por ANA MARGARITA PERALVO VACA, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a la alta confiabilidad de sus resultados y a la efectividad en operaciones que garantiza su aplicación si recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (PDF).

Sangolquí, Abril del 2011

---

ING. FABIÁN SÁENZ  
DIRECTOR

---

ING. CARLOS ROMERO  
CODIRECTOR

## RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis es el diseño e implementación de un sistema VoIP e internet vía GPON, esta es una tecnología de acceso de banda ancha mediante fibra hasta el hogar, que permite ofrecer todo tipo de servicios multimedia interactivos sin límite de ancho de banda. A continuación se describe brevemente lo realizado en cada capítulo.

En el primero y segundo capítulo se da a conocer una breve introducción que habla de la realidad del mundo y de nuestro país en lo que a GPON se refiere, es así que subsecuentemente el segundo capítulo abarca la evolución de las redes de acceso en el marco de redes de nueva generación, redes ftx, destacando el estudio de la tecnología GPON, principales características, arquitectura, ventajas y desventajas. Se describe otras tecnologías actuales de acceso y se las compara con la tecnología GPON.

En el tercer capítulo, se habla de diseño de la red utilizando la tecnología GPON, que permita brindar servicios de voz, datos, video, se identifican los equipos a utilizarse, el en cuarto capítulo se describe paso a paso la implementación de la red GPON junto con las pruebas realizadas a dicha red.

El quinto capítulo está estructurado del análisis económico, que da a conocer los costos empleados en la infraestructura, instalación y mantenimiento de la red, se concluye este trabajo en el capítulo seis con las conclusiones y recomendaciones obtenidas después de la realización del proyecto.

## DEDICATORIA

A Dios y a María Santísima, por ser por ser mi guía, amparo y fortaleza, cuando más lo necesite, y por hacer palpable su amor a través de este logro.

A ti abuelita, que siempre fuiste ejemplo de bondad y entrega: con todo el amor del mundo te dedico este triunfo, espero que desde el cielo lo disfrutes como yo. Nunca te olvidaré.

A ustedes padres, quienes han sido fuente de energía e inspiración en mi vida. Dios no pudo darme mejores padres. A todas y cada una de las personas que forman parte de esencial en mi vida y de este logro que nos abre puertas inimaginables en nuestro desarrollo profesional. Los amo con todo mi corazón.

***Ana Margarita***

## AGRADECIMIENTO

No existe duda alguna de que son tantas personas a las cuales debo parte de este triunfo, de lograr mi culminación académica, la cual es el anhelo de todos los que nos hemos propuesto superar.

Definitivamente, Dios, mi Señor, mi Guía, mi Proveedor junto con su Madre Santísima; han bendecido cada uno de los pasos que este trabajo encierra, ellos saben lo esencial que han sido en mi posición firme de alcanzar esta meta, esta alegría, que si pudiera hacerla material, la hiciera para entregársela, pero a través de esta meta, podré siempre de sus manos alcanzar otras que espero sean para Gloria suya.

Mi padres, mi hermana, por darme la estabilidad emocional, económica, sentimental; para poder llegar hasta este logro, que definitivamente no hubiese podido ser realidad sin ustedes. GRACIAS por darme la posibilidad de que de mi boca salga esa palabra... FAMILIA. Mamita Espíritu, serás siempre mi inspiración para alcanzar mis metas, por enseñarme que todo se aprende y que todo esfuerzo es al final recompensa. Tu esfuerzo, se convirtió en tu triunfo y el mío, TE AMO.

A mis tíos, primos que de diversas maneras han aportado a mi carrera y han estado pendientes de mi desarrollo como mujer, a mi Hermanito, Abuelitos, y Tíos que no están y desde el cielo han seguido guiando los pasos que la vida me ha trazado.

A todos mis amigos pasados y presentes; pasados por ayudarme a crecer y madurar como persona y presentes por estar siempre conmigo apoyándome en todo las circunstancias posibles, también son parte de esta alegría, LOS RECUERDO.

A, una persona que fue mi apoyo durante este agradable y difícil periodo académico, Saúl por ser MI AMIGO, y por seguir soportándome y siendo parte de mi vida, LOS VALORO.

Al, Ing. Fabián Sáenz. Director de tesis, por la entrega y facilidades que me ha dado para culminar este trabajo junto con la empresa FIX GROUP y han sido un pilar en el desarrollo de este proyecto, gracias a mi ESPE y sus maestros por ser el último escalón para poder alcanzar este sueño, este MI SUEÑO, que ahora es una realidad.

Y a todos aquellos, que han quedado en los lugares más escondidos de mi memoria, pero que fueron partícipes en este logro que algún momento parecía inalcanzable, GRACIAS.

***Ana Margarita***

## PRÓLOGO

En la actual sociedad globalizada, y tecnológicamente elevada, hoy en día las redes de información se desarrollan en todos los lugares donde estos demanden estos servicios. El elevado ancho de banda y tráfico de información en las redes actuales a crear medios de transmisión de altas velocidades y de mayor rendimiento en el menor tiempo posible. Existe un claro ejemplo del salto gigantesco que ha hecho la tecnología, la fibra óptica presenta varias ventajas y es mucho más competente que la transmisión a través del cobre tradicional.

GPON (Red Óptica Pasiva con capacidad en Gigabit) es una tecnología que permite una convergencia total de los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP. Esto permite una notable reducción de costos en los operadores, que no tienen que instalar y mantener redes paralelas para cada servicio, lo cual podrá ser trasladado a medio plazo en tarifas más baratas a los abonados por servicios mucho más potentes (voz sobre IP, televisión digital de alta definición, vídeo bajo demanda, Internet de banda ancha sin restricciones de distancias y velocidad, juegos en red, etc.).<sup>1</sup>

Hoy en día es muy notable la tendencia que existe hacia las redes convergentes, estas son redes centralizadas que soportan múltiples servicios, y la capacidad de respuesta que estas demandan es alta, muchas de ellas en tiempo real, para ello se plantea un diseño de red que pueda reemplazar dichas necesidades y mantenga excelente calidad en el servicio suministrando algunas tareas para los usuarios corporativos y residenciales. GPON es el estándar más atractivo para ofrecer fibra óptica hasta el hogar o hasta el edificio.

Los usuarios de telecomunicaciones ya están cansados de tanta competición en ancho de banda entre operadores, lo que demandan es una competición en servicios innovadores (HDTV, vídeo bajo demanda, videoconferencia, etc.). De esta forma, los principales operadores del mundo están definiendo avanzadas

---

<sup>1</sup> [[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Redes\\_de\\_nueva\\_generaci%C3%B3n](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Redes_de_nueva_generaci%C3%B3n)]

redes convergentes de banda ancha basadas en IP, maximizando así el valor de sus activos para atraer nuevos clientes y fidelizar a los existentes ofreciendo más servicios sobre la misma infraestructura a unos precios cada vez más competitivos. Además, de reducir la inversión necesaria en equipamiento de red, esta convergencia trae consigo para los operadores una reducción de la complejidad de la gestión y unos costes operativos más bajos.

Entre las tecnologías más interesantes que están permitiendo esta convergencia cabe destacar en la parte del bucle de abonado a GPON, la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad. Las economías de escala y experiencia acumulada en el núcleo de la red, con elevados niveles de tráfico sobre sistemas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), ha permitido que la viabilidad económica de la fibra y los componentes ópticos sea un hecho. Los servicios que se pueden emplear sobre una red de estas características son además los mismos que se pueden ofrecer sobre la red móvil, gracias a la integración que supone la introducción de IMS (*IP Multimedia Subsystem*).

La fibra de óptica es el medio de transmisión más avanzado y el único capaz de soportar los servicios de nueva generación, como televisión de alta definición. Las principales ventajas de tener un bucle de abonado de fibra óptica son muchas: mayores anchos de banda, mayores distancias desde la central hasta el abonado, mayor resistencia a la interferencia electromagnética, mayor seguridad, menor degradación de las señales, etc. Además, la reducción de repetidores y otros dispositivos supondrán menores inversiones iniciales, menor consumo eléctrico, menor espacio, menos puntos de fallo, etc.

La obra civil a realizar para el tendido de fibra puede verse reducido a partir de innovadoras alternativas, por ejemplo, NTT en Japón y Verizon en EE.UU. han empleado en algunos casos un tendido aéreo en vez de tendido subterráneo. También cabe destacar la solución de fibra “soplada” (*blow fibre*), mediante la cual la fibra es tendida sobre canalizaciones existentes a través de pistolas de aire comprimido. Aunque tender fibra hasta el hogar pueda suponer una fuerte inversión inicial (CAPEX) ésta podrá ser rápidamente amortizada a través de la

reducción de los gastos de mantenimiento (OPEX) respecto a la infraestructura actual y a los nuevos servicios que se pueden ofrecer.<sup>2</sup>

Los Gobiernos de todas las naciones reconocen la necesidad de desplegar redes de fibra óptica para mejorar la competitividad de sus economías. Los principales operadores de telecomunicaciones del mundo, incluida Telefónica, también han comenzado el despliegue de GPON. Los principales suministradores de equipos de telecomunicación (Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei, Nokia-Siemens, ZTE, etc.) ofrecen soluciones GPON. Todo esto da muestras del prometedor futuro de esta tecnología emergente.

En los últimos años, la Sociedad de la Información ha experimentado un rápido desarrollo, debido, en gran parte, a la mayor competitividad impulsada por la desregulación del Mercado de las Telecomunicaciones y a la aparición de nuevos servicios de banda ancha.

El resultado de estos dos factores se ha traducido en una necesidad de mejores redes de comunicaciones capaces de ofrecer un mayor ancho de banda a un menor coste. En la actualidad la tecnología ADSL es la estrella indiscutible en el panorama europeo, una tecnología que sigue explotando el bucle de abonado en cobre.

Por otro lado, la demanda cada vez mayor de los usuarios de un mayor ancho de banda ha hecho replantear a los operadores consolidados y emergentes sus estrategias, comenzando una carrera por la duplicación de la velocidad de sus líneas que a los ojos del profano parece no tener fin. Sin embargo ADSL cuenta con una limitación técnica importante: el máximo ancho de banda que puede ofrecer no supera en ningún caso los 8Mbps en canal descendente y los 4 Mbps en canal ascendente. Además estos valores disminuyen drásticamente a medida que el usuario se aleja de la central.

Y aunque nuevas tecnologías como ADSL2 y ADSL+ aportarán un ligero aumento en el ancho de banda ofrecido a los abonados, las limitaciones de distancia,

---

<sup>2</sup> [<http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>]

inversamente proporcional al ancho de banda, son un importante cuello de botella que frena la posibilidad de crecer progresivamente en calidad de servicio. Este problema se ha dado en llamar problema de la última milla.

En este sentido, la tecnología de la fibra óptica se presenta como una firme solución al problema gracias a la robustez, a su potencial ancho de banda ilimitado y al continuo descenso de los costes asociados a los láseres. Si a los aspectos anteriores unimos que las nuevas construcciones (nuevas urbanizaciones, nuevos bloques de viviendas, centros comerciales) ya integran cableado estructurado de fibra óptica monomodo por su bajo coste marginal en el proyecto, estamos hablando de un escenario completamente abonado para poder desplegar soluciones de conectividad en fibra óptica que directamente lleguen hasta la vivienda.

Y si hablamos de arquitecturas de futuro, las redes PON se postulan como una apuesta fiable: su coste contenido en equipamiento electrótico y la eficiencia de las topologías árbol-rama aportan un incentivo adicional frente a los despliegues tradicionales basados en conectividad punto a punto.

GPON ofrece una capacidad de 2,5 Gbps downstream y 1,25 Gbps upstream compartidos por cada 64 abonados sobre distancias de hasta 20 km. El OLT (Optical Line Terminal) es el equipo de central y la ONT (Optical Node Terminal) el equipo de abonado. En la ONT, instalada en el interior del hogar generalmente, se conectan los ordenadores, teléfonos, routers, set-top-boxes, etc. Si se desea realizar una transición gradual por parte de la operadora antes de llevar fibra hasta el hogar, GPON sigue siendo la solución tecnológica ideal. Las MDU (Multi-Dwelling Unit) son pequeños armarios a los que llega la fibra desde la central del operador y en el que enlazan los distintos cables de par de cobre de los abonados de un edificio de viviendas para ofrecer VDSL2. De este modo, se consiguen superar las velocidades de ADSL/ADSL2/ADSL2+, sin necesidad de tender fibra óptica dentro del edificio y las casas de los abonados.<sup>3</sup>

GPON es una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP. Esto permite una notable reducción de costes en los operadores, que no

---

<sup>3</sup> [[http://es.wikitel.info/wiki/UA-Redes\\_PON\\_GPON\\_derivados](http://es.wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados)]

tienen que instalar y mantener redes paralelas para cada servicio, lo cual podrá ser trasladado a medio plazo en tarifas más baratas a los abonados por servicios mucho más potentes (voz sobre IP, televisión digital de alta definición, vídeo bajo demanda, Internet de banda ancha sin restricciones de distancias y velocidad, juegos en red, etc.).

La evolución del sector hacia las redes convergentes o Redes de Nueva Generación – NGN – está ligada a la evolución del estado hacia la Sociedad de la Información, en la medida en que estas redes constituyen la principal infraestructura para el transporte de la información y para la conectividad de las personas.

Esta evolución implica para los operadores la innovación continua de su oferta de servicios y redes con el fin de satisfacer las necesidades de la sociedad. La convergencia de servicios, aplicaciones y dispositivos impulsa esta tendencia, para beneficio del cliente, pues obtiene cada vez más y mejores servicios, a un costo competitivo. Las Redes de Nueva Generación NGN (New Generation Networks) son una realidad que permite avanzar hacia la consecución de estos objetivos.

En un marco de convergencia, los servicios operan utilizando una misma plataforma tecnológica, por lo cual se debe considerar que los distintos referentes y parámetros regulatorios deben también estar integrados, para que garanticen la competencia efectiva entre operadores en estos mercados.

En el Ecuador GPON es una de las tecnologías menos explotadas, se espera que en un futuro no tan distante se sienta la necesidad de implementar y reemplazar varias de las tecnologías habituales de acceso. Se eligió realizar esta implementación en el Edificio Libertador, de la Ciudad de Quito con el objetivo de brindar un servicio excepcional en lo que a voz y datos se refiere.

Este proyecto ayudará a los futuros lectores a entender y familiarizarse con las nuevas tendencias y tecnologías que han aparecido y lo seguirán haciendo a lo largo de la existencia de la humanidad, y a la vez estudiar la importancia en el

---

desarrollo de las telecomunicaciones para optimizar la calidad de vida, y al proceso tan exigente de globalización en el que actualmente vivimos.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CERTIFICACIÓN .....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>V</b>
<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>XIII</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>XVIII</b>

## CAPITULO 1

<b>1 EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE ACCESO EN EL MARCO DE REDES DE NUEVA GENERACIÓN, REDES FTTX.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE NGN .....	1
1.2 ORIGEN DE LAS REDES NGN.....	2
1.3 DISTINTAS VISIONES DEL CONCEPTO DE NGN .....	3
1.3.1 NGN Relacionado con los Datos e Internet .....	5
1.3.2 NGN Relacionado con la Voz .....	6
1.4 EVOLUCIÓN DE LA RED HACIA EL CONCEPTO NGN .....	7
1.4.1 Estructura de Red Clásica .....	7
1.4.2 Factores para el Cambio (Evolución).....	8
1.5 EL FENÓMENO DEL INTERNET .....	10
1.6 ELEMENTOS QUE COMPONEN A UNA RED NGN.....	13
1.6.1 Definición de NGN .....	13
1.6.2 Características Principales .....	14
1.7 CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y OBJETIVOS DE UNA NGN .....	15
1.8 ARQUITECTURA.....	16
1.8.1 Capas de la Arquitectura .....	18
1.8.2 Capa de Conectividad Primaria .....	19
1.8.3 Capa de Acceso.....	19
1.8.4 Capa de Conectividad Primaria y Transporte .....	20
1.8.5 Capa de Servicio.....	21

1.8.6 Capa de Gestión .....	22
1.9 FUNCIONALIDAD.....	22
1.10 SERVICIOS SOPORTADOS POR UNA NGN .....	25
1.10.1 Servicios Multimedia.....	25
1.10.2 Emulación de Servicios PSTN/ISDN .....	26
1.10.3 Simulación de Servicios PSTN/ISDN.....	26
1.10.4 Otros Servicios .....	27
1.10.5 Acceso a Internet.....	27
1.10.6 Aspectos de Servicio Público .....	27
1.11 IMS Y SERVICIOS.....	28
1.11.1 IMS .....	29
1.11.2 Tipos de IMS .....	31
1.11.3 IMS Único .....	32
1.11.4 IMS's Interoperables.....	33
1.11.5 Servicios .....	34
1.12 PROTOCOLOS UTILIZADOS EN NGN.....	34
1.12.1 Protocolo SIP .....	34
1.12.2 Características de SIP .....	35
1.13 VENTAJAS DE NGN SOBRE LAS REDES IP TRADICIONALES .....	36
1.13.1 Transporte de Tráfico en Tiempo Real .....	36
1.13.2 Interoperabilidad Completa con la PSTN.....	36
1.13.3 Servicios de Administración y Tarifación Flexible .....	37
1.13.4 Administrar la Interconexión .....	37
1.14 BENEFICIOS DE UNA NGN.....	38
1.15 ORGANIZACIONES NORMALIZADORAS.....	39

## CAPITULO 2

<b>2 TECNOLOGÍA GPON .....</b>	<b>42</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	42
2.2 CONVERGENCIA ADLS CON REDES GPON.....	42
2.3 HISTORIA .....	43
2.4 CARACTERÍSTICAS .....	45
2.5 VENTAJAS DE LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON) .....	46

---

2.6	APLICACIONES .....	46
2.7	IMPLEMENTACIÓN MULTICAST .....	47
2.8	EJEMPLOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	48
2.9	ARQUITECTURA DE RED DE GPON.....	48
2.9.1	Dos Longitudes de Onda .....	51
2.9.2	Tres Longitudes de Onda .....	53
2.9.3	OMCI .....	54
2.9.4	Capa Física.....	55
2.10	CANAL DOWNSTREAM.....	56
2.11	CANAL UPSTREAM .....	57
2.12	PROBLEMÁTICA CON LAS REDES PON Y GPON .....	58
2.12.1	Compartición del Medio por Varios Terminales .....	58
2.12.2	División de Potencia y el "Budget" Óptico .....	59
2.12.3	Interoperabilidad .....	60
2.13	COMPARATIVAS ENTRE EPON Y GPON .....	61
2.14	PROCEDIMIENTO DE ENCAPSULACIÓN GEM (GPON ENCAPSULATION METHOD).....	64
2.15	ESTRUCTURA DE SEÑAL BÁSICA PARA LAS TRAMAS CLIENTE GFP .....	65
2.15.1	Encabezamiento Principal GFP .....	65
2.15.2	Área de Cabida Útil GFP .....	66
2.15.3	Tramas Cliente GFP .....	67
2.15.4	Trama de Datos Cliente .....	67
2.15.5	Tramas de Gestión de Cliente GFP.....	68
2.15.6	Tramas de Control GFP.....	69
2.15.7	Trama Reposo GFP.....	70
2.16	ASPECTOS ESPECÍFICOS DE LA CABIDA ÚTIL PARA GFP CON CORRESPONDENCIA DE TRAMA.....	70
2.16.1	Cabida Útil de MAC de Ethernet.....	70
2.16.2	Encapsulado de MAC Ethernet .....	71
2.16.3	Cabida Útil IP/PPP.....	71
2.16.4	Encapsulado de la Trama PPP.....	72
2.16.5	Cabida Útil de Canal para Fibra a través de FC-BBW_SONET .....	72
2.16.6	Encapsulado de PDU FC-BB-2_SONET .....	72

2.17 SEGURIDAD.....	74
2.17.1 FEC (Forward Error Correction).....	74
2.17.2 AES (Advanced Encryption Standar).....	75
2.18 DERIVADOS GPON .....	77
2.19 LAS REDES GPON Y EL BUDGET ÓPTICO .....	79
2.20 ESCENARIOS PARA LA REGENERACIÓN DE LA SEÑAL GPON.....	80
2.21 EXTENDIENDO UNA RED GPON DE 20KM A 60KM .....	80
2.22 AMPLIANDO EL NÚMERO DE USUARIOS DE UNA RED GPON DE 64 A 128 .....	81
2.23 EXTENDIENDO LAS RAMAS DE UNA GPON.....	82
2.24 AMPLIFICACIÓN DE LA SEÑAL 1550NM .....	83
2.25 REDES GPON ACTUALES .....	84

### **CAPITULO 3**

<b>3 DISEÑO DE LA RED GPON .....</b>	<b>86</b>
3.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED GPON, EN LA RED EXISTENTE DE LA EMPRESA FIX GROUP EN EL EDIFICIO LIBERTADOR.....	86
3.1.1 Diagrama Lógico Genérico de la Red .....	86
3.1.2 Esquema Físico de la Red .....	89
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS.....	101
3.2.1 GPON Echolife OT925-G.....	101
3.2.2 Switch DGS- 3627G.....	103
3.2.3 Switch DES 3526 .....	107
3.3 CONFIGURACIÓN DEL GPON .....	108
3.3.1 Datos del Plan.....	109
3.4 UBICACIÓN Y FORMA DE INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DE RED EN LOS PISOS IMPARES DEL EDIFICIO .....	145
3.5 CÁLCULOS REALIZADOS .....	159
3.6 PRUEBAS DE LA RED.....	162
3.6.1 Fibra Óptica .....	162
3.6.2 Prueba del GPON OT925-G .....	164

---

**CAPITULO 4**

<b>4</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO.....</b>	<b>174</b>
4.1	COSTOS DE INFRAESTRUCTURA DE RED .....	174
4.2	COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	175

**CAPITULO 5**

<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>176</b>
5.1	CONCLUSIONES DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	176
5.2	RECOMENDACIONES.....	180
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>182</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>186</b>

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

**ACL:** Una **Lista de Control de Acceso** o ACL (del inglés, Access Control List) es un concepto de seguridad informática usado para fomentar la separación de privilegios. Es una forma de determinar los permisos de acceso apropiados a un determinado objeto, dependiendo de ciertos aspectos del proceso que hace el pedido. Las ACLs permiten controlar el flujo del tráfico en equipos de redes, tales como enrutadores y conmutadores. Su principal objetivo es filtrar tráfico, permitiendo o denegando el tráfico de red de acuerdo a alguna condición.<sup>4</sup>

**ADSL:** El **ADSL (Bucle de Abonado Digital Asimétrico)** es una técnica de transmisión que, aplicada sobre los bucles de abonado de la red telefónica, permite la transmisión sobre ellos de datos sobre a alta velocidad. Para ello utiliza frecuencias más altas que las empleadas en el **servicio telefónico** y sin interferir en ellas, permitiendo así el uso simultáneo del bucle para el servicio telefónico y para acceder a servicios de datos a través de ADSL.<sup>5</sup>

**Ancho de Banda:** es la longitud, medida en Hz, del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal. Puede ser calculado a partir de una señal temporal mediante el análisis de Fourier. También son llamadas frecuencias efectivas las pertenecientes a este rango.<sup>6</sup>

**ATM:** Acrónimo de Asynchronous Transfer Mode. Tecnología que permite el envío de información a través de paquetes en lugar de canales, posibilitando que el envío de archivos multimedia sea más veloz.<sup>7</sup>

**ATIS:** El **Servicio Automático de Información de Terminal** (Automatic Terminal Information Service en inglés) o **ATIS**, es una emisión continua de información en áreas terminales congestionadas. El ATIS contiene información esencial como información meteorológica, qué pistas están operativas, aproximaciones disponibles y cualquier otra información que los pilotos puedan necesitar, como NOTAMs.<sup>8</sup>

### B

**Backbone:** La palabra backbone se refiere a las principales conexiones troncales de Internet. Está compuesta de un gran número de routers comerciales, gubernamentales, universitarios y otros de gran capacidad interconectados que llevan los datos a través de países, continentes y océanos del mundo mediante

---

<sup>4</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_control\\_de\\_acceso](http://es.wikipedia.org/wiki/Lista_de_control_de_acceso)]

<sup>5</sup> [<http://adsl.interbusca.com/que-es-adsl.html>]

<sup>6</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Ancho\\_de\\_banda](http://es.wikipedia.org/wiki/Ancho_de_banda)]

<sup>7</sup> [<http://www.tarifas24.es/telecomunicaciones/glosario/a-c>]

<sup>8</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/ATIS>]

cables de fibra óptica. El término backbone también se refiere al cableado troncal o subsistema vertical en una instalación de red de área local que sigue la normativa de cableado estructurado.<sup>9</sup>

**BER(Bit Error Ratio)** Tasa de error en un canal de comunicaciones que relaciona la cantidad de bits erróneos recibidos respecto del total transmitido.<sup>10</sup>

**Bit** Unidad mínima teórica de intercambio o almacenamiento de información, correspondiente a un dígito binario (cero o uno), que puede identificarse con un valor booleano (falso o verdadero); Espacio lógico necesario para almacenar un valor binario en una memoria de ordenador.<sup>11</sup>

**Byte:** es un conjunto de bits, habitualmente 8. Cada carácter que se introduce en un ordenador se convierte en un byte siguiendo las equivalencias de un código, generalmente el código ASCII.<sup>12</sup>

## C

**Cable Coaxial:** Medio de transmisión constituido por un conductor central rodeado de un conductor exterior; ambos conductores están separados por un material dieléctrico. Se utiliza para altas velocidades de transmisión.<sup>13</sup>

**CATV:** Las televisión por cable surge por la necesidad de llevar señales de televisión y radio, de índole diversa, hasta el domicilio de los abonados, sin necesidad de que estos deban disponer de diferentes equipos receptores, reproductores y sobre todo de antenas.<sup>14</sup>

**Commutación:** Conmutación es la conexión que realizan los diferentes nodos que existen en distintos lugares y distancias para lograr un camino apropiado para conectar dos usuarios de una red de telecomunicaciones<sup>15</sup>

**CCITT:** Organización mundial con sede en Ginebra que crea estándares de comunicaciones.<sup>16</sup>

## D

**Dial up:** La tecnología Dial-Up le permite acceder al servicio Internet a través de una línea telefónica analógica y un MODEM. El Internet es una red mundial de computadoras. A su vez está formada por otras redes más pequeñas. Esta red conecta a unos 100 millones de usuarios. Permite que un usuario se comunique con otro y que se transfieran archivos de datos de una máquina a cualquier otra en la red. La tecnología dial up es una forma de conectarse a Internet.<sup>17</sup>

<sup>9</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/Backbone>]

<sup>10</sup> [<http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo/@glosario.html>]

<sup>11</sup> [<http://es.wiktionary.org/wiki/bit>]

<sup>12</sup> [<http://www.pangea.org/peremarques/glosario.htm>]

<sup>13</sup> [<http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo/@glosario.html>]

<sup>14</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/CATV>]

<sup>15</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Conmutaci3n\\_\(redes\\_de\\_comunicaci3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Conmutaci3n_(redes_de_comunicaci3n))]

<sup>16</sup> [<http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo/@glosario.html>]

<sup>17</sup> [<http://www.matpec.com.ar/desde0/desde0-2-dial-up.htm>]

**Dominio:** En Internet, un dominio es parte del sistema de nombre de dominios DAS.<sup>18</sup>

## E

**Ethernet:** Protocolo de acceso al medio de transmisión de redes LAN, que tienen el mismo nombre, y que fue desarrollado originariamente por la Empresa Xerox en 1976.<sup>19</sup>

**ETSI:** (European Telecommunications Standards Institute - Instituto Europeo de Estándares en Telecomunicaciones). Organización independiente sin ánimo de lucro que tiene como objetivo producir estándares de telecomunicaciones para hoy y el futuro.<sup>20</sup>

## F

**Frame Relay:** Frame Relay es una tecnología de conmutación rápida de tramas, basada en estándares internacionales, que puede utilizarse como un protocolo de transporte y como un protocolo de acceso en redes públicas o privadas proporcionando servicios de comunicaciones.<sup>21</sup>

**FO/WDM:** Nuevo tipo de fibra óptica denominada WDM (Multiplexización por división de longitudes de onda). La técnica se basa en programación matemática, y demuestra que los métodos de búsqueda inteligente pueden ser eficaces en la resolución de problemas surgidos en el despliegue de redes de comunicación basado en este material.<sup>22</sup>

**FTTH:** La tecnología de telecomunicaciones **FTTH** (del inglés **Fiber To The Home**), también conocida como **fibra hasta el hogar**, se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzados, como el Triple Play: telefonía, Internet de banda ancha y televisión, a los hogares y negocios de los abonados.<sup>23</sup>

## G

**Gateway:** Dispositivo mixto de hardware y software que permite enlazar dos redes de datos con estructuras físicas y/o protocolos diferentes; permitiendo la adaptación y conversión de la información cursada entre ambas. Dispositivo que opera por encima del nivel cuatro del modelo OSI. Pasarela.<sup>24</sup>

**GEM:** Modo de encapsulación GPOM<sup>25</sup>

---

<sup>18</sup> [<http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo/@glosario.html>]

<sup>19</sup> [<http://www.google.com/url?q=http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo>]

<sup>20</sup> [<http://www.alegsa.com.ar/Dic/etsi.php>]

<sup>21</sup> [<http://www.zonavirus.com/articulos/que-es-frame-relay.asp>]

<sup>22</sup> [<http://noticias.universia.es/ciencia-nn-tt/noticia/2005/07/21/667115/mejoras-fibra-optica.html>]

<sup>23</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/FTTH>]

<sup>24</sup> [<http://www.google.com/url?q=http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo>]

<sup>25</sup> [<http://padtec.com.br/esp/php/gpon.php>]

## I

**IEEE 802.1 D:** es el estándar de IEEE para bridges MAC (puentes MAC), que incluye bridging (técnica de reenvío de paquetes que usan los switches), el protocolo Spaning Tree y el funcionamiento de redes 802.11, entre otros. También impide que los bucles que se forman cuando los puentes o los interruptores están interconectados a través de varias rutas. el algoritmo BPDU logra mediante el intercambio de mensajes con otros switches para detectar bucles y, a continuación, elimina el bucle por el cierre de puente seleccionado interfaces. Este algoritmo garantiza que hay una y sólo una ruta activa entre dos dispositivos de red.<sup>26</sup>

**IETF:** (Internet Engineering Task Force - Grupo de Tareas de Ingeniería de Internet). Organización de técnicos que administran tareas de ingeniería de telecomunicaciones, principalmente de Internet.<sup>27</sup>

**IMS:** IMS (IP Multimedia Subsystem) es la arquitectura estandarizada end-to-end para aplicaciones de comunicaciones como VoIP, conferencia multimedia, comunicación instantánea, presencia, etc., tanto para redes fijas como de acceso móvil.<sup>28</sup>

**Interoperables:** La interoperatividad es la condición mediante la cual sistemas heterogéneos pueden intercambiar procesos o datos.<sup>29</sup>

**IP:** Una **dirección IP** es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una interfaz (elemento de comunicación/conexión) de un dispositivo (habitualmente una computadora) dentro de una red que utilice el protocolo IP (Internet Protocol), que corresponde al nivel de red del protocolo TCP/IP. Dicho número no se ha de confundir con la dirección MAC que es un número hexadecimal fijo que es asignado a la tarjeta o dispositivo de red por el fabricante, mientras que la dirección IP se puede cambiar. Esta dirección puede cambiar 2 ó 3 veces al día; y a esta forma de asignación de dirección IP se denomina dirección IP dinámica (normalmente se abrevia como IP dinámica).<sup>30</sup>

**ISDN:** corresponde a las siglas en idioma inglés para Integrated Services Digital Network, que traducido al español significa Red Digital de servicios Integrados, por lo que se abreviaría RDSI. Estas siglas responden a la denominación de un sistema para las conexiones de teléfonos digitales, especialmente creado para proveer servicios como el envío de voz, de video, así como también, líneas telefónicas digitales o normales que surgen del excedente de los datos simultáneamente. Es común para algunos proveedores el ofrecer Internet usando este sistema.<sup>31</sup>

<sup>26</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.1D](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.1D)]

<sup>27</sup> [<http://www.alegsa.com.ar/Dic/ietf.php>]

<sup>28</sup> [<http://blog.pucp.edu.pe/item/14084/una-breve-referencia-a-sip-e-ims>]

<sup>29</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/Interoperabilidad>]

<sup>30</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n\\_IP](http://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n_IP)]

<sup>31</sup> [<http://www.misrespuestas.com/que-es-isdn.html>]

**ISI:** Instituto para la información científica. Se refiere a las publicaciones que se realizan en todo el mundo<sup>32</sup>

## L

**LAN:** Redes de PC y servidores ubicadas en un área pequeña que pueden operar con protocolos no ruteables.<sup>33</sup>

## M

**MAC:** Así como las direcciones IP identifican a un dispositivo en Internet, las direcciones MAC identifican a un elemento de conexión a la red en particular, sean tarjetas, ruteadores u otros.<sup>34</sup>

**MDU:** Los sistemas MDU son recomendados para ser instalados en inmuebles tales como edificios, condominios, hoteles, entre otros. **Nos ofrece la ventaja de distribuir la señal que se recibe vía satélite con ayuda de una sola antena parabólica;** a la vez que reduce la cantidad de cable en la instalación con el fin de evitar saturación de ductos en dichos inmuebles.<sup>35</sup>

**MEGACO: Media Gateway Control** protocolo de control de pasarelas de medios. Megaco o H.248 (nombre dado por la ITU) define el mecanismo necesario de llamada para permitir a un controlador Media Gateway el control de puertas de enlace para soporte de llamadas de voz/fax entre redes RTC-IP o IP-IP.<sup>36</sup>

**Microonda:** Sistema de comunicaciones que utiliza antenas especiales, las cuales deben estar a la vista. Estos sistemas emplean ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia, generalmente superior a los 900 MHz.<sup>37</sup>

**Módem:** Equipo terminal del circuito de datos que tiene como funciones principales la de modular y demodular para adaptar la señal al canal de comunicaciones.<sup>38</sup>

**MPLS:** es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.<sup>39</sup>

---

<sup>32</sup> <http://www.riaces.net/glosarioanexo1.html>

<sup>33</sup> [<http://www.google.com/url?q=http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo>]

<sup>34</sup> <http://www.mouse.cl/archivo/2006/taller/06/16/02.asp.htm>

<sup>35</sup> [http://www.telesystem-world.com/web/mx\\_sp/electronic/oem/78/sistema-multiusuario-mdu.html](http://www.telesystem-world.com/web/mx_sp/electronic/oem/78/sistema-multiusuario-mdu.html)

<sup>36</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Megaco>

<sup>37</sup> [<http://www.google.com/url?q=http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo>]

<sup>38</sup> *Ibidem.*

<sup>39</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Multiprotocol\\_Label\\_Switching](http://es.wikipedia.org/wiki/Multiprotocol_Label_Switching)

**N**

**NGN:** NGN Red de siguiente generación (Next Generation Network o NGN) es una arquitectura de red orientada a reemplazar las redes telefónicas conmutadas de telefonía, para brindar servicios de voz y multimedia.<sup>40</sup>

**Nodo:** Centro de conmutación o de tránsito de una red de telecomunicaciones.<sup>41</sup>

**O**

**OAM:** Operaciones, Administración y Mantenimiento<sup>42</sup>

**ODF:** Elemento usado como punto de interconexión entre cable de fibra proveniente de la planta externa y equipos activos.<sup>43</sup>

**OLT:** Línea terminal óptica.<sup>44</sup>

**ONT:** Unidad óptica de red.<sup>45</sup>

**ONU:** Unidad Óptica de Usuario.<sup>46</sup>

**P**

**Patchcord:** o latiguillo usado para los rj45' que se usa en una red para conectar un dispositivo electrónico con otro. Se producen en muchos colores para facilitar su identificación. En cuanto a longitud, los cables de red pueden ser desde muy cortos (unos pocos centímetros) para los componentes apilados, o tener hasta 10 metros máximo.<sup>47</sup>

**Peer tú peer:** Una red informática peer-to-peer anónima es un tipo particular de red peer-to-peer (P2P) en la que los usuarios y sus nodos son pseudoanónimos por defecto. La principal diferencia entre las redes habituales y las anónimas está en el método de encaminamiento de las respectivas arquitecturas de redes. Estas redes permiten el flujo libre de información.<sup>48</sup>

**POTS:** POTS es el acrónimo de Plain Old Telephone Service (Servicio telefónico Ordinario Antiguo), conocido también como Servicio Telefónico Tradicional o Telefonía Básica), que se refiere a la manera en cómo se ofrece el servicio telefónico analógico (o convencional) por medio de cableado de cobre.<sup>49</sup>

---

<sup>40</sup> [http://www.etapa.net.ec/Telecomunicaciones/tel\\_pro\\_red\\_ngn.aspx](http://www.etapa.net.ec/Telecomunicaciones/tel_pro_red_ngn.aspx)

<sup>41</sup> [<http://www.google.com/url?q=http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo>]

<sup>42</sup> [[http://www.omnitron-systems.com/spanish/service\\_provider\\_management\\_sp.php](http://www.omnitron-systems.com/spanish/service_provider_management_sp.php)]

<sup>43</sup> [<http://www.monografias.com › Tecnología>]

<sup>44</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/GPON>]

<sup>45</sup> [<http://es.wikitel.info/wiki/GPON>]

<sup>46</sup> Ibídem.

<sup>47</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Patch\\_cord](http://es.wikipedia.org/wiki/Patch_cord)]

<sup>48</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer\\_an%C3%B3nimo](http://es.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer_an%C3%B3nimo)]

<sup>49</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/POTS>]

**Proxy:** Un proxy, en una red informática, es un programa o dispositivo que realiza una acción en representación de otro, esto es, si una hipotética máquina a solicita un recurso a una c, lo hará mediante una petición a b; C entonces no sabrá que la petición procedió originalmente de a. Su finalidad más habitual es la de servidor proxy, que sirve para permitir el acceso a Internet a todos los equipos de una organización cuando sólo se puede disponer de un único equipo conectado, esto es, una única dirección IP.<sup>50</sup>

**PSTN:** Se define la Red Telefónica Básica (RTB) como los conjuntos de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios.<sup>51</sup>

## Q

**QoS: Calidad de Servicio** (Quality of Service, en inglés) son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo dado (throughput). Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio. Es especialmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión de vídeo o voz.<sup>52</sup>

## R

**RTPC:** Es el conjunto de elementos que hacen posible la transmisión conmutada de voz, con acceso generalizado al público.<sup>53</sup>

## S

**SIPPING:** investigación de propuesta de iniciación de sesiones.<sup>54</sup>

**SoftSwitches:** El Softswitch es el principal dispositivo en la capa de control dentro de una arquitectura NGN (Next Generation Network), encargado de proporcionar el control de llamada (señalización y gestión de servicios), procesamiento de llamadas, y otros servicios, sobre una red de conmutación de paquetes (IP).<sup>55</sup>

**SDH: La jerarquía digital síncrona (SDH) (Synchronous Digital Hierarchy)** , se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados. La jerarquía SDH se desarrolló en EE. UU. bajo el nombre de SONET o ANSI T1X1 y posteriormente el CCITT (Hoy UIT-T) en 1989 publicó una serie de recomendaciones donde quedaba definida con el nombre de SDH.<sup>56</sup>

---

<sup>50</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/Proxy>]

<sup>51</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/PSTN>]

<sup>52</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/QoS>]

<sup>53</sup> [<http://www.monografias.com/trabajos15/telecomunic/telecomunic.shtml>]

<sup>54</sup> [<http://es.wikitel.info>]

<sup>55</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/Softswitch>]

<sup>56</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa\\_digital\\_s%C3%ADncrona](http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_digital_s%C3%ADncrona)]

**SDTV:** La Definición Estándar en inglés SDTV (Standard Definition Television) es el acrónimo que reciben las señales de televisión que no se pueden considerar señales de alta definición (HDTV) ni de señal de televisión de definición mejorada (EDTV).<sup>57</sup>

**SFP:** es un puerto donde se coloca una interfaz, a la que se llama módulo, para conectar dos equipos de telecomunicaciones, normalmente switches o routers.<sup>58</sup>

**Splitter:** El SPLITTER es un dispositivo que divide la señal de teléfono en varias señales, cada una de ellas en una frecuencia distinta. Este dispositivo se utiliza frecuentemente en la instalación de líneas ADSL, donde es necesario que la señal de datos y de voz convivan en la misma línea telefónica; esto se consigue dividiendo las señales de entrada de baja frecuencia para la transmisión voz y de las de alta frecuencia para datos, permitiendo un uso simultáneo de ambos servicios.<sup>59</sup>

**STB:** Set-top\_box cuya traducción literal al español es aparato que se coloca encima del televisor, es el nombre con el que se conoce el dispositivo encargado de la recepción y opcionalmente decodificación de señal de televisión analógica o digital (DTV), para luego ser mostrada en un dispositivo de televisión.<sup>60</sup>

## T

**Tiempo de respuesta:** Tiempo de reacción de un sistema frente a un evento.<sup>61</sup>

**Transceptor:** es un dispositivo que realiza funciones tanto de envío como de recepción de señales, empleando elementos comunes del circuito para ambas funciones.<sup>62</sup>

**Triple play:** se define como el empaquetamiento de servicios y contenidos audiovisuales (voz, banda ancha y televisión). Es la comercialización de los servicios telefónicos de voz junto al acceso de banda ancha, añadiendo además los servicios audiovisuales (canales de TV y pago por visión). A veces se habla también del cuádruple play: haciendo distinción entre el uso de la telefonía fija y la telefonía móvil. El servicio triple play es el futuro cercano para el desarrollo integral de comunicación entre hogares. El desarrollo actual de las empresas incumbentes (empresas de telecomunicaciones, televisión por cable, televisión satelital, eléctricas, etc.) conlleva una solución única para varios problemas: el servicio telefónico, televisión interactiva y acceso a Internet, todo en un mismo servicio.<sup>63</sup>

**TDM:** La **multiplexación por división de tiempo** (TDM) es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal (normalmente de gran capacidad) de transmisión a partir de distintas fuentes,

<sup>57</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Definición\\_estándar](http://es.wikipedia.org/wiki/Definición_estándar)]

<sup>58</sup> [<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070912102118AAOMdcX>]

<sup>59</sup> [[http://www.arrakis.com/accesible/splitter\\_quees](http://www.arrakis.com/accesible/splitter_quees)]

<sup>60</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/STB>]

<sup>61</sup> [<http://www.google.com/url?q=http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo>]

<sup>62</sup> [<http://www.alegsa.com.ar/Dic/transceptor.php>]

<sup>63</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Triple\\_play](http://es.wikipedia.org/wiki/Triple_play)]

de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de transmisión. El Acceso múltiple por división de **tiempo** (TDMA) es una de las técnicas de TDM más difundidas.<sup>64</sup>

**TISPAN:** fue desarrollado por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones, ETSI, una organización sin fines de lucro con cerca de 700 miembros de distintos países. IMS fue inicialmente una tecnología creada por 3GPP para redes móviles 3G y entrega a los operadores un marco que les permite la creación y entrega de servicios, por medio de la unificación de estructuras.<sup>65</sup>

## U

**UIT:** La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.<sup>66</sup>

## V

**VOD:** La **televisión a la carta** o **vídeo bajo demanda**, del inglés **video on demand (VoD)** es un sistema de televisión que permite al usuario el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada ofreciéndole, de este modo, la posibilidad de solicitar y visualizar una película o programa concreto en el momento exacto que el telespectador lo desee.<sup>67</sup>

**VPN:** Una red privada virtual o VPN (siglas en inglés de virtual private network), es una tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada, como por ejemplo Internet.<sup>68</sup>

**3GPP: 3rd Generation Partnership Project (3GPP)** es un acuerdo de colaboración en tecnología de telefonía móvil, que fue establecido en diciembre de 1998. Esta cooperación es entre ETSI (Europa), ARIB/TTC (Japón), CCSA (China), ATIS (América del Norte) y TTA (Corea del Sur).<sup>69</sup>

---

<sup>64</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Acceso\\_m%C3%BAltiple\\_por\\_divisi%C3%B3n\\_de\\_tiempo](http://es.wikipedia.org/wiki/Acceso_m%C3%BAltiple_por_divisi%C3%B3n_de_tiempo)]

<sup>65</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/TISPAN>]

<sup>66</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/UIT>]

<sup>67</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/Vídeo\\_bajo\\_demanda](http://es.wikipedia.org/wiki/Vídeo_bajo_demanda)]

<sup>68</sup> [[http://es.wikipedia.org/wiki/VPN\\_\(VENTAJAS\\_O\\_DESVENTAJAS\)](http://es.wikipedia.org/wiki/VPN_(VENTAJAS_O_DESVENTAJAS))]

<sup>69</sup> [<http://es.wikipedia.org/wiki/3GPP>]

## **CAPITULO I**

### **1 EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE ACCESO EN EL MARCO DE REDES DE NUEVA GENERACIÓN, REDES FTTX**

#### **1.1 INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE NGN**

Tradicionalmente las redes IP han sido la base del negocio de transmisión de datos, manteniendo un aislamiento con las redes de voz. En este contexto se ha provocado una segmentación del mercado de las telecomunicaciones que, en determinados casos, provoca la aparición de distintos operadores dando soporte a cada red.

Al final de la década de los noventa surgieron progresivamente una serie de elementos opuestos que fueron modelando un cambio en todo el sector de las telecomunicaciones. En primer lugar, se produjo, la progresiva desaparición del modelo monopolista reemplazado por un modelo de libre competencia.

Posteriormente aparecieron nuevas soluciones tecnológicas que permitieron corregir problemas que reducían el interés en las redes IP. Por último, se produjo el desarrollo imparable del concepto Internet y su apertura a grandes mercados de consumidores que comprobaron la flexibilidad y posibilidades que poseía.

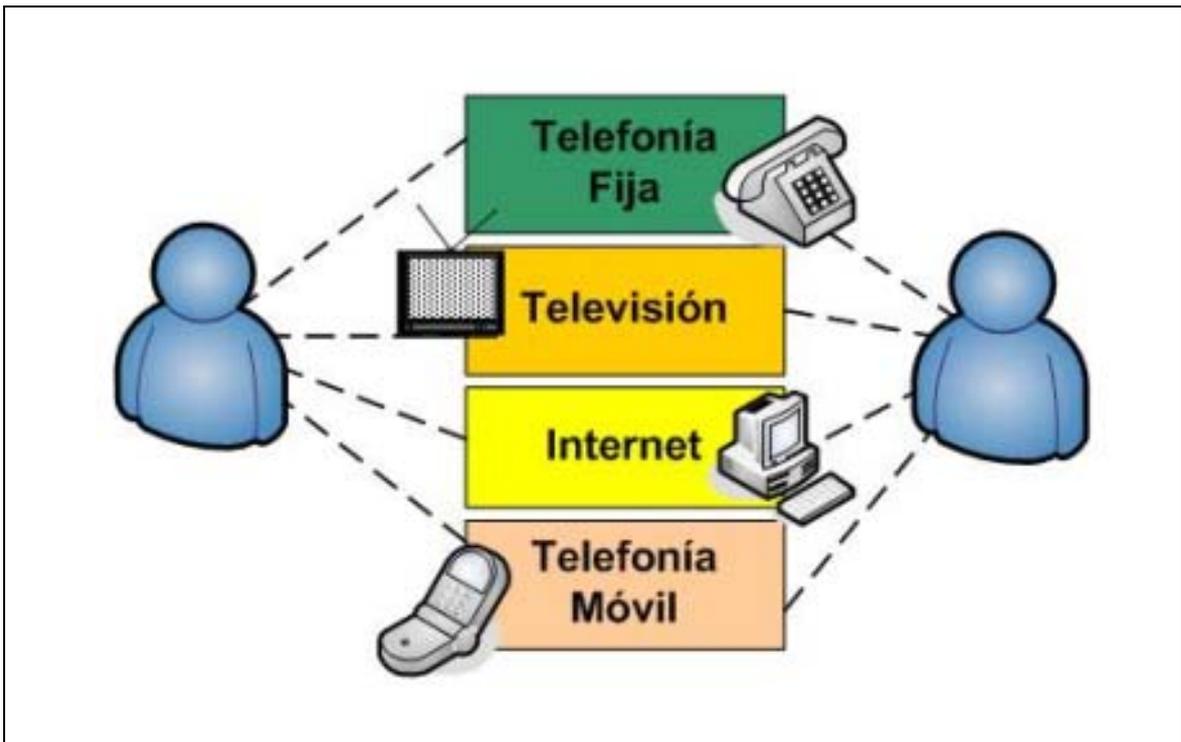


Figura 1.1 Modelo actual de telecomunicaciones

## 1.2 ORIGEN DE LAS REDES NGN

Para brindar servicios a una comunidad de usuarios es necesario acceder hasta sus domicilios. Cada proveedor de servicio tiende su red por separado de acuerdo a sus propias necesidades: telefonía voz, datos, CATV (Televisión por Cable); por lo que en la actualidad al domicilio de los usuarios convergen diversas redes, cada una para el servicio que les dio origen. Con el rápido progreso del Internet los proveedores acomodaron dichas redes para agregar nuevos servicios y tomar ventaja del hecho de tener instalada ya una red hacia el domicilio del usuario.

Así nacen tecnologías como Cable Módem para usar las redes de CATV y ADSL para usar las redes telefónicas, y brindar el servicio de Internet a los usuarios. Sin embargo, dichas tecnologías no satisfacen los requerimientos necesarios para optimizar el servicio agregado; lo que dio origen a la nueva tecnología de Redes de acceso de Nueva Generación (NGN o New Generación Network).

Es así que luego de un extenso número de estudios por parte de algunas comisiones de la ITU; en enero de 2005 se publicaron las Recomendaciones Y.2001 *General overview of NGN* e Y.2011 *General principles and general reference model for NGN* de ITU-T; se debe que el tema de las NGN no está totalmente terminado, pues aun comisiones de la ITU siguen estudiando y estandarizando el tema.

### **1.3 DISTINTAS VISIONES DEL CONCEPTO DE NGN**

No existe una única definición de NGN que sea válida para cualquier entorno y situación, por lo cual es muy difícil llegar a un acuerdo sobre una definición que abarque todos los escenarios posibles. Hasta estos días existe una clara separación entre las redes de voz y datos, dando como resultado que los organismos de estandarización hayan sido también diferentes en la mayoría de los casos. Por otro lado, mientras que en las redes de voz las normas, son de cumplimiento obligatorio en su mayoría, en las redes de datos, las normas se desarrollan por consenso entre los propios fabricantes y operadores, mas como recomendaciones que como normas de cumplimiento obligatorio.

Existen numerosas definiciones de NGN, sin embargo, por su validez internacional, se considera la definición dada por el Grupo de Estudio 13 del Sector de Normalización de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT – T) en la Recomendación Y.2001, que define una NGN como: “Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS (Quality of Service), y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección.

NGN no es sino un modelo de arquitectura de redes de referencia que debe permitir desarrollar toda la gama de servicios IP multimedia de nueva generación (comunicaciones VoIP nueva generación, video comunicación, mensajerías integradas multimedia, integración con servicios IPTV, domótica, etc...) así como

la evolución, migración en términos más o menos de sustitución o emulación de los actuales servicios de telecomunicación.

Como probablemente se sabe este modelo de referencia puede sintetizarse en los siguientes puntos:

- Arquitectura de red horizontal basada en una división diáfana de los planos de transporte, control y aplicación.
- El plano de transporte estará basado en tecnología de conmutación de paquetes IP/MPLS.
- Interfaces abiertos y protocolos estándares.
- Migración de las redes actuales a NGN .
- Definición, provisión y acceso a los servicios independiente de la tecnología de la red (Decoupling Access and Services)
- Soporte de servicios de diferente naturaleza: real time/ non real time, streaming, servicios multimedia (voz, video, texto)
- Calidad de servicios garantizada extremo a extremo.
- Seguridad.
- Movilidad generalizada.

Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios. Esta definición sugiere que tanto las funciones referentes a los servicios como al transporte, se pueden ofrecer separadamente.

Esta situación ha provocado la existencia de dos claros enfoques hacia el concepto NGN:

### 1.3.1 NGN Relacionado con los Datos e Internet

La red brindara:

- Soporte de conectividad a un conjunto de elementos terminales inteligentes. El control y establecimiento de las sesiones será responsabilidad de los propios terminales.
- Los servicios son absolutamente independientes de la red. Todo servicio estará basado en la interacción entre terminales inteligentes.
- Los servicios tradicionales, también conocidos como legacy, verán disminuir de forma paulatina su importancia a favor de nuevos servicios.

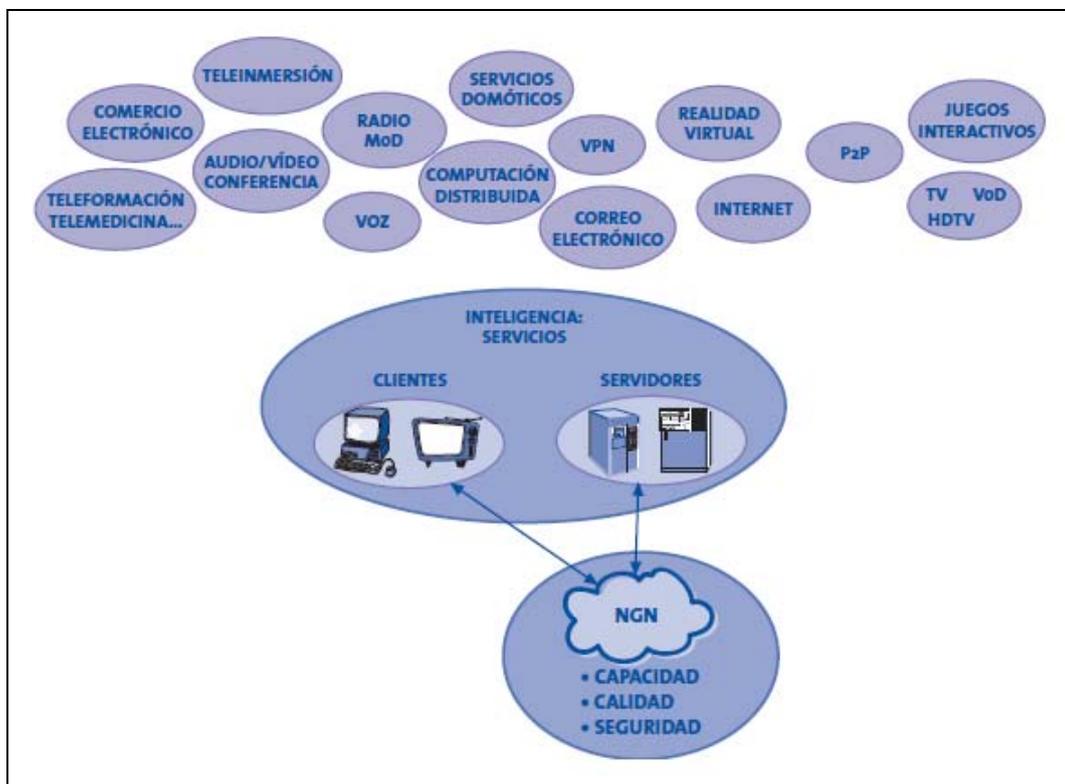


Figura 1.2 NGN Relacionado con Internet

### 1.3.2 NGN Relacionado con la Voz

- Los servicios serán suministrados a través de redes interconectadas sobre un conjunto combinado de terminales inteligentes y no inteligentes. La red tendrá la inteligencia y el control sobre los servicios y se adaptará a estos en función de las necesidades que los usuarios finales demanden.
- La actual red telefónica evolucionará para adaptarse a los servicios multimedia, constituyendo la base de la futura NGN.
- Gran parte del desarrollo y provisión de los servicios finales partirá de los Operadores Públicos de Red, soportados por servicios básicos desarrollados sobre interfaces abiertas.

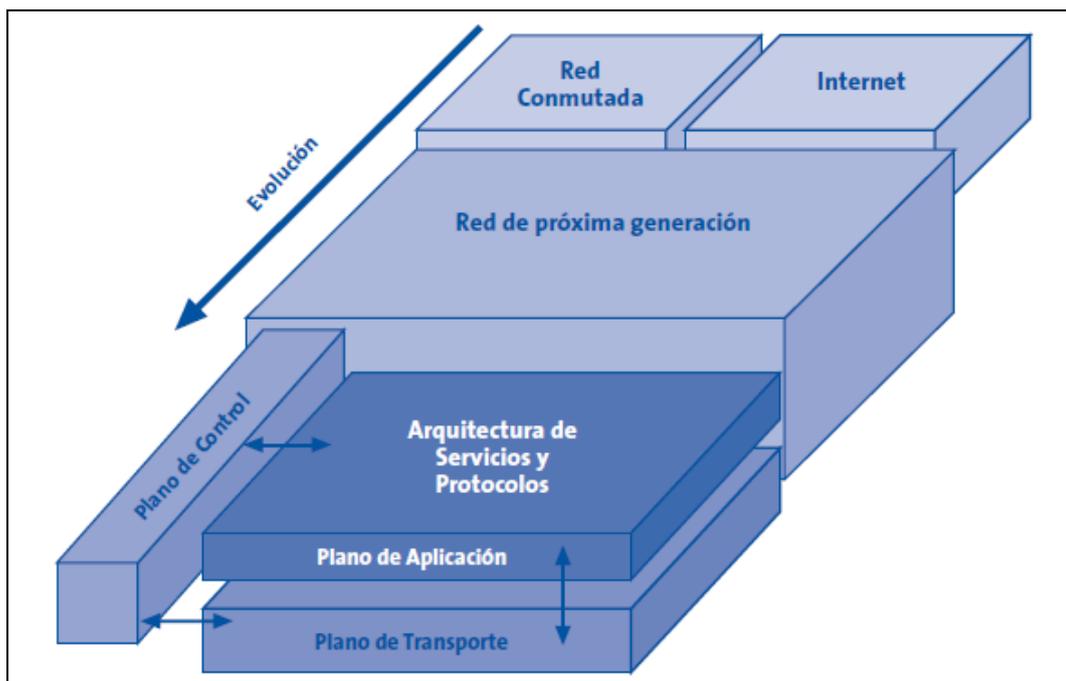


Figura 1.3 NGN con Voz

Frente a estos dos enfoques, se debe tener en cuenta la visión que tienen los clientes de los servicios finales que serán soportados por las NGN. Primeramente se debe establecer una separación entre usuarios empresariales y residenciales, ya que sus objetivos y motivaciones son distintos. Mientras que para los usuarios empresariales el principal atractivo de las NGN puede ser los servicios

tradicionales (como los servicios de voz, las redes privadas virtuales, etc.) a costos moderados, para los usuarios residenciales, por el contrario, el principal atractivo será mejorar los actuales servicios, manteniendo costos bajos, y ampliando la oferta de servicios de entretenimiento.

## **1.4 EVOLUCIÓN DE LA RED HACIA EL CONCEPTO NGN**

A continuación se describe el proceso que ha convergido en NGN, partiendo desde las redes clásicas y de las razones históricas que justificaron esta evolución, sin dejar a un lado el desarrollo del Internet influenciando en este proceso.

### **1.4.1 Estructura de Red Clásica**

Anteriormente ya se explicó la arquitectura de una red clásica de telefonía, sin embargo cabe mencionar ciertas deducciones: El ancho de banda es escaso y, por tanto, caro. Los servicios están estrechamente ligados a la infraestructura de red (partes indivisibles).

- Los servicios se integran de forma vertical.
- Los equipos son complejos, de elevado costo y de difícil y costosa explotación.
- La calidad de servicio se resuelve mediante la asignación y reserva de recursos específicos de red.
- No soporta de forma nativa las técnicas de distribución basadas en la tecnología multicast.

### 1.4.2 Factores para el Cambio (Evolución)

La aparición de un nuevo factor, en forma de libre competencia, motivo el que se intentara ampliar los servicios que brindaban cada operador sobre las infraestructuras existentes.

Es así que las redes se vieron en la necesidad de dar soporte a servicios para los que inicialmente no habían sido diseñadas, mostrando incapacidad de las redes existentes para proveer de forma óptima nuevos servicios. Comenzó así la búsqueda de mejores soluciones adaptadas al nuevo escenario.

Paralelo a lo anteriormente mencionado, se producía una evolución tecnológica en las redes de datos, motivada, principalmente, por una creciente necesidad de comunicación en entornos empresariales. Las primeras soluciones se desarrollaron en el estándar de comunicaciones ATM, aunque fue rápidamente absorbido, al menos en los entornos empresariales, por las soluciones nativas IP/Ethernet6, una vez que estas alcanzaron los niveles de velocidad y funcionalidad requeridos.

Pero un factor predominante que provoco una verdadera revolución en el sector de las telecomunicaciones, convirtiéndose en el definitivo detonante del cambio; fue la aparición y desarrollo del fenómeno Internet a escala global.

### **Migración hacia Redes de Nueva Generación**

La migración hacia NGN constituye un elemento fundamental para lograr la convergencia de redes y servicios, y específicamente para desarrollo de la banda ancha. Esta migración consiste en pasar de las redes PSTN (The Public Switched Telephone Network) ó RTPC (Redes Telefónicas Públicas Conmutadas), basadas en voz a NGN basadas en el protocolo IP. En este sentido, las redes PSTN no estaban diseñadas para la entrega unidireccional de radio o televisión, de modo distinto, el Internet fue diseñado para el transporte en tiempo no real de paquetes. Es así como se está dando un reemplazo progresivo entre las PSTN y las NGN, que se están extendiendo a gran velocidad en un

número creciente de países. Estas redes están estableciendo un cambio de redes PSTN separadas y redes IP hacia redes unificadas basadas en protocolo de Internet con plataformas multiservicio y basadas en paquetes de servicios (en las cuales la voz es solamente una de las gamas de servicios disponibles).

Dentro de las principales razones para la migración hacia Redes de Nueva Generación, se pueden citar las siguientes:

- Eficiencia de costos: economías de alcance propias de una única red troncal basada en IP y reducción de costos operativos al permitir la eliminación de centrales locales.
- Diversificación de fuentes de ingresos: erosión de ingresos por rubros tradicionales (paso de la voz a la banda ancha).
- Demanda de los consumidores de mayores velocidades de transmisión.
- Presión competitiva: prestadores de TV por cable, empresas eléctricas, proyectos municipales/públicos y proveedores alternativos.

La migración hacia NGN no significa la sustitución total de las redes ya existentes, sino por el contrario, la integración de las redes de telefonía convencionales. Esto significa que las redes tradicionales pueden evolucionar, adaptarse y hacer parte de las NGN, para mantener las inversiones. La modernización de acceso es la base para proveer los nuevos servicios y aplicaciones (datos, voz y multimedia) en la misma red. Las NGN irán reemplazando progresivamente elementos y áreas de las RTPC tradicionales, construyendo en base a xDSL, acceso de fibra y con la convergencia de servicios o aplicaciones fijo – móvil e Internet.

Aquí es importante señalar que la migración a NGN trae consigo tanto ventajas como preocupaciones. Dentro de las ventajas se pueden citar: la disponibilidad de una gran variedad de servicios y fácil movilidad entre ellos, la posibilidad del usuario para elegir el tipo de acceso que más se adecue a sus necesidades ya

sea atendiendo a criterios de precios ó calidad del servicio, y la mayor velocidad de transmisión, entre otras.

Sin embargo, a pesar de todas las ventajas mencionadas, surgen algunas preocupaciones como que la migración a NGN puede traer consigo un desarrollo desigual del despliegue de estas tecnologías tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo. Dado lo anterior, se espera que las áreas densamente pobladas sean atendidas primero y las áreas rurales más alejadas, escasamente pobladas y comercialmente menos factibles, sean atendidas después. De esta manera, surge la necesidad de analizar un esquema de cobros con el mismo precio tanto para consumidores urbanos como rurales (esta política se conoce como tasación geográfica uniforme), lo que constituiría una alternativa para atenuar las desigualdades entre grupos de consumidores o áreas geográficas.

La disponibilidad de infraestructura basada en IP es una condición necesaria para la provisión de servicios de NGN, lo cual puede traer consigo un ensanchamiento de la brecha tecnológica entre países en vía de desarrollo y países desarrollados, debido a la existencia de segmentos de la población que tienen bajo o nulo acceso a los servicios de telecomunicaciones. De esta manera, el despliegue de infraestructura propia de las NGN en estas áreas, sería más costoso y menos rentable que si el despliegue se lleva a cabo en áreas urbanas densamente pobladas.

## **1.5 EL FENÓMENO DEL INTERNET**

El rápido desarrollo de Internet al finalizar la década de los 90 provocó un giro en la visión de los operadores hacia las redes de voz y datos. Inicialmente se buscaron soluciones que eran soportadas sobre las redes existentes, realizando las mínimas adaptaciones imprescindibles que permitían un funcionamiento adecuado. Sin embargo, conforme crecía el tráfico de Internet se disparaba, comenzaron a detectarse los primeros problemas en los 6 Ethernet es el nombre de una tecnología de redes de computadoras de área local (LANs) basada en tramas de datos.

Diseños existentes, que obligaban a una profunda reconsideración de todo el entorno. Paralelamente al disparo del tráfico de datos en Internet, los usuarios habituales de Internet iban experimentando las ventajas que el modelo en si les proporcionaba y que no estaban sujetos a lo que el operador de red les ofrecía.

La situación inclusive iba mas allá, pues disponían de independencia de decidir qué servicios usar tras un proceso de simple localización y descarga de las aplicaciones de software necesarias desde los servidores disponibles. La red era siempre la misma, pero los servicios variaban en función de su disponibilidad y de los deseos de cada usuario en un momento dado.

Los operadores tradicionales veían a este fenómeno con esperanza y recelo ante los nuevos retos y posibilidades que Internet les ofrecía. Tomando en cuenta las posibilidades de negocio, las intentaron aprovechar desde un primer momento, pero al mismo tiempo veían la posible canibalización para con los servicios ya existentes (base de su negocio).

Sin embargo, las soluciones IP tradicionales presentaban carencias importantes que las hacían poco adecuadas: estaban aun basadas en equipos con serias limitaciones en su capacidad, en calidad de servicio y en aspectos de seguridad.

En este contexto es donde aparece y se desarrolla el concepto NGN, planteándose como la solución que permitirá llevar a cabo las propuestas del modelo All-IP (Todo por medio de IP) de forma adecuada. Se presenta, pues, como una solución para la convergencia de redes con interfaces de alta velocidad, con seguridad y calidad garantizadas y que facilita el despliegue de los servicios, tanto actuales como futuros. El objetivo fundamental para los operadores será optimizar las inversiones y asegurar unos rápidos retornos de las mismas.



Figura 1.4 Internet con concepto NGN

La funcionalidad normalmente asignada a cada capa en una Red Clásica es:

- Capa FO/WDM: transporte.
- Capa SDH: Agregación y protección.
- Capa ATM: Agregación, gestión de tráfico y calidad de servicio.
- Capa IP: Encaminamiento.

La funcionalidad normalmente asignada a cada capa en una Red de Nueva Generación sería:

- Capa FO/WDM: transporte, agregación y protección.
- Capa de Red: Encaminamiento, agregación, gestión de tráfico, calidad de servicio y protección.

Previsiblemente el proceso de evolución se plantea en varias fases: comenzando por una evolución del núcleo de la red e ira extendiéndose de forma progresiva hacia el acceso. Este proceso se da con el fin de mantener las soluciones existentes mientras se produce la evolución, asegurando de esta manera un proceso poco traumático.

Conforme se extienda la implantación de la NGN hacia el acceso se podrá absorber la funcionalidad de las redes de acceso existentes, estando siempre sujeta a la discreción de cada operador de red y siguiendo las pautas particulares que hayan sido establecidas en cada caso. El objetivo final dependerá de múltiples factores, como puede ser el tipo de operador (tradicional o nuevo entrante), la existencia de competencia real en el entorno, la necesidad de dar soluciones convergentes para distintas unidades de negocio, etc.

NGN debe permitir la evolución, migración en términos de sustitución o emulación de los actuales servicios de telecomunicación. La convergencia es imperativa en todos los aspectos: desde la convergencia de aplicaciones hasta la convergencia de infraestructuras.

## **1.6 ELEMENTOS QUE COMPONEN A UNA RED NGN**

### **1.6.1 Definición de NGN**

“NGN es un concepto para definir y desplegar redes que, debido a su formal separación en diferentes capas y planos y al uso de interfaces abiertas, ofrece a los proveedores de servicios y operadores de telecomunicaciones una plataforma que puede evolucionar en etapas, para crear, desplegar y administrar servicios innovadores Una red de próxima generación es una red por paquetes que proporciona múltiples servicios de banda ancha, que utiliza tecnologías de transporte con una calidad de servicio mínima y en la cual las funciones relacionadas con el servicio son independientes de las tecnologías de transportes subyacentes.”

Sin embargo cada operador de servicios tiene sus propios objetivos y formulan definiciones diferentes acerca de NGN.

### **1.6.2 Características Principales**

Según los estándares de la UIT, las características principales de las NGN, incluidas en la Recomendación Y.2001 son:

- La transferencia estará basada en paquetes.
- Las funciones de control están separadas de las capacidades de portador, llamada/sesión, y aplicación/servicio.
- Desacoplamiento de la provisión del servicio del transporte, y se proveen interfaces abiertas.
- Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques (incluidos servicios en tiempo real/de flujo continuo en tiempo no real y multimedia).
- Tendrá capacidades de banda ancha con calidad de servicio (QoS) extremo a extremo.
- Tendrá interfuncionamiento con redes tradicionales a través de interfaces abiertas.
- Movilidad generalizada.
- Acceso sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios.
- Diferentes esquemas de identificación.

- Características unificadas para el mismo servicio, como es percibida por el usuario.
- Convergencia entre servicios fijos y móviles.
- Independencia de las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías subyacentes de transporte.
- Soporte de las múltiples tecnologías de última milla.
- Cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios, por ejemplo en cuento a comunicaciones de emergencia, seguridad, privacidad, interceptación legal, etc.

Estas características, se enfocan en la necesidad de ver al usuario como un cliente potencial, cuya demanda debe ser atendida a través de nuevas herramientas tecnológicas, que le reporten beneficios en términos de costos, calidad de los servicios prestados y diversidad de servicios.

## **1.7 CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y OBJETIVOS DE UNA NGN**

En la actualidad, los mayores ingresos de los operadores son provienen de los servicios de voz. No obstante, aunque estos ingresos son todavía dominantes, los operadores se enfrentan al hecho de proveer más minutos de llamada con menos beneficio asociado. Esta pérdida de ingresos de alguna manera es compensada por los ingresos provenientes del uso extensivo de acceso Internet “dial up”, a través de la PSTN. Dado que los ingresos debidos a la voz tienden a seguir decreciendo y la tarifa plana de acceso a Internet se está imponiendo, los operadores deben pensar en otros medios para compensar estas pérdidas. Para lo cual una de las soluciones es buscar nuevos servicios avanzados y aplicaciones que permitan retener e incluso extender la base de clientes y, así, mantener grandes beneficios.

Las oportunidades de servicio más interesantes se muestran en una variedad de aplicaciones que integran servicios de telefonía, datos Internet y/o video en la propia aplicación. La liberalización tiene una influencia considerable en las estrategias y decisiones a tomar por los operadores. A través del proceso conocido como desagregación del bucle local, los organismos reguladores gubernamentales de todo el mundo están forzando a los operadores establecidos a abrir sus puertas a las compañías rivales. Una vez dentro del centro de conmutación, los operadores alternativos deberán ser capaces de competir por los clientes locales, tomando control directo de la “última milla” de cobre. Las NGNs se deben diseñar para soportar las arquitecturas de red y los modelos de negocio permitidos por la liberalización. Las arquitecturas NGN no solo ofrecen la oportunidad de aumentar beneficios, sino que también reducen los costos de operación e inversión. Los nuevos operadores no necesitan desarrollar una estrategia de migración, ya que desde el principio pueden optar por una solución convergente de voz/datos NGN para proporcionar servicios avanzados en ambas áreas. Por el contrario, los proveedores antiguos deben considerar su base instalada TDM (Multiplexación por División en el Tiempo) y, por consiguiente, decidir si se debe actualizar los conmutadores de circuitos instalados (si el fabricante ofrece esta opción), finalizar las inversiones en equipamiento de conmutación de circuitos, y construir una red superpuesta NGN o, con el tiempo, reemplazar los conmutadores de circuitos con nueva tecnología. También se debe considerar el impacto del crecimiento del tráfico Internet “dial up”, que con sus largos retardos provocan problemas en las redes de circuitos conmutados. Para continuar siendo competitivos, los operadores necesitan encontrar la manera de proporcionar nuevos servicios a sus clientes durante el periodo de transición, antes de que sus redes hayan evolucionado totalmente a NGN.”<sup>70</sup>

## 1.8 ARQUITECTURA

Para el desarrollo de NGN proponen como respuesta a las Redes de Nueva Generación basadas en la Arquitectura IMS (IP Multimedia Subsystem). Ya no se discute que el nuevo modelo de negocios de las

---

<sup>70</sup> [[http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Integracion\\_NGN.pdf](http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Integracion_NGN.pdf)]

telecomunicaciones se basa en la integración de voz, video y datos y en su oferta combinada.<sup>71</sup>

Nuevas aplicaciones que van desde mensajería integrada o de mensajes instantáneos, hasta las involucradas con el acceso a contenido multimedia (video conferencias con datos compartidos, televisión en tiempo real o VOD) deben ser puestas a disposición de los usuarios, en forma transparente al tipo de acceso.

Para satisfacer la oferta de múltiples servicios combinados sobre una única red, las empresas de Telefonía Celular agrupadas en la asociación 3GPP (Third Generation Partnership Program) desarrollaron la Arquitectura IMS. Arquitectura también hoy adoptada por organismos internacionales vinculados hasta el presente con la telefonía convencional como ETSI y CCITT.

IMS prevé que los servicios hasta el presente implementados en forma individual y verticalmente, se implementen en forma horizontal, separando las capas de servicio y de transporte, las que pasan a officar de base común para cualquier aplicación montada en la capa de aplicación.

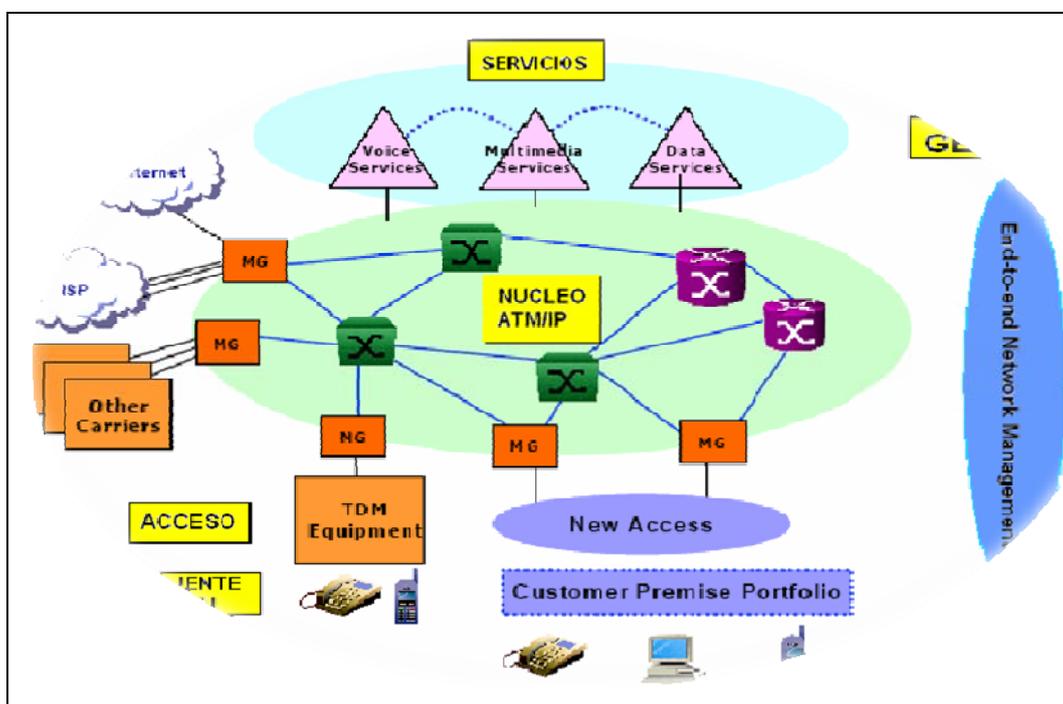


Figura 1.5 Arquitectura NGN

<sup>71</sup> [[http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Convergencia\\_NGN.pdf](http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Convergencia_NGN.pdf)]

Para alcanzar esta separación en capas, el primer concepto de IMS a destacar es su naturaleza de red exclusivamente de datos, que utiliza al Protocolo IP como medio de transporte. Las redes de Conmutación de Circuitos, tanto las celulares (2G y 2.5G), como las viejas redes telefónicas están fuera de su estructura central y solo se las integra en forma marginal.

Como segundo concepto detrás de la Arquitectura IMS, se encuentra su separación en los tres niveles mencionados en el dibujo anterior: Transporte, Sesión y Aplicación. Cada capa realiza funciones diferenciadas e independientes de las restantes, vinculándose mediante interfaces perfectamente definidas.

De las tres capas, la de Sesión constituye el núcleo central de la Arquitectura y se asocia directamente al concepto que le da nombre. Este tercer concepto es el eje sobre el cual se funda la prestación de múltiples servicios sobre una única red. Ya no se trata de llamadas sino de sesiones.

Sesiones que son iniciadas en cualquier dispositivo de acceso (PC, teléfono celular o fijo, Set Top Boxes, Servidores de Aplicaciones, etc.) y terminadas en cualquier otro dispositivo, local o remoto, fijo o móvil, y transportando en forma integrada servicios de voz, datos y video, en forma estática o incorporándolos en forma dinámica a medida se los requiere.

El protocolo que permite esta funcionalidad es el protocolo SIP (Session Initiate Protocol) definido por la IETF y también central a la Arquitectura IMS.

### **1.8.1 Capas de la Arquitectura**

En las NGN existe un único elemento básico que es el paquete de información y todo el sistema está diseñado para su administración, acceso, transporte y conmutación de extremo a extremo y basado en una única tecnología.

La arquitectura puede descomponerse en varias capas: conectividad de núcleo, acceso (Access) y equipo del local del cliente (Customer Premise Equipment = CPE), y gestión (management).

### 1.8.2 Capa de Conectividad Primaria

La capa de conectividad de núcleo proporciona el encaminamiento y conmutación general del tráfico de la red de un extremo de ésta al otro. Está basada en la tecnología de paquetes, ya sea ATM o IP, y ofrece un máximo de flexibilidad. La tecnología que se elija dependerá de las consideraciones comerciales, pero la transparencia y la calidad del servicio (QoS) deben garantizarse en cualquier caso, ya que el tráfico de los clientes no debe ser afectado por perturbaciones de la calidad, tales como las demoras, las fluctuaciones y los ecos.

Al borde de la ruta principal de paquetes están las denominadas pasarelas (media Gateway - MG): su función principal es adaptar el tráfico del cliente y de control a la tecnología de la NGN. Las pasarelas se interconectan con otras redes, en cuyo caso son llamadas pasarelas de red, o directamente con los equipos de usuarios finales, en cuyo caso se las denomina pasarelas de acceso. Las pasarelas interfuncionan con los componentes de la capa de servicio, usando protocolos abiertos para suministrar servicios existentes y nuevos.

### 1.8.3 Capa de Acceso

La capa de acceso incluye las diversas tecnologías usadas para llegar a los clientes. En el pasado, el acceso estaba generalmente limitado a líneas de cobre a través de canales DS1/E1. En las NGN se observa una multiplicidad de tecnologías que han surgido para resolver la necesidad de un ancho de banda más alto, y para brindar a las empresas competidoras de comunicaciones un medio para llegar directamente a los clientes. Los sistemas de cable, xDSL e inalámbricos se cuentan entre las soluciones más prometedoras que están creciendo e introduciendo innovaciones rápidamente.<sup>72</sup>

El equipo del local del cliente, ya sea de su propiedad o arrendado, proporciona la adaptación entre la red de la empresa explotadora y la red o equipo del cliente. Puede tratarse de un simple teléfono, pero podemos apreciar una migración progresiva hacia dispositivos inteligentes que pueden trabajar con servicios tanto de voz como de datos.

---

<sup>72</sup> [<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/158/3/Capitulo%202.pdf>]

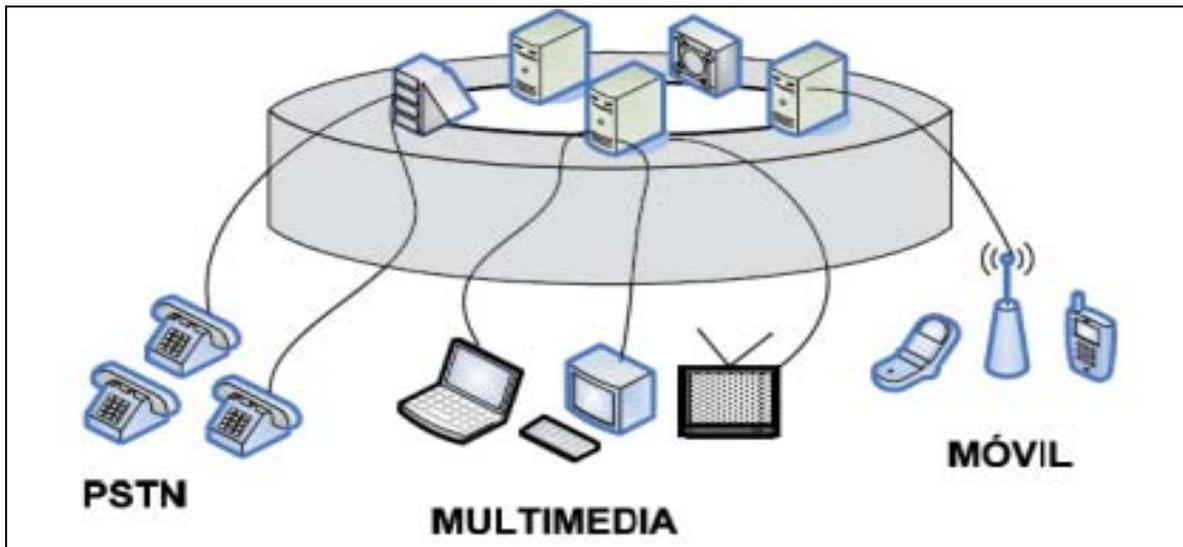


Figura 1.6 Capa de Acceso

#### 1.8.4 Capa de Conectividad Primaria y Transporte

El tráfico se transporta a través de esta capa, usando una red IP compuesta de enrutadores de borde y backbone y de medios de transmisión ópticos. La capa de conectividad de núcleo proporciona el encaminamiento y conmutación general del tráfico de la red de un extremo de esta al otro. Está basada en la tecnología de paquetes, ya sea ATM o IP, y ofrece un máximo de flexibilidad. La tecnología que se utilice depende de las consideraciones comerciales, pero la transparencia y la calidad del servicio (Qos) deben garantizarse en cualquier caso, ya que el tráfico de los clientes no debe ser afectado por perturbaciones de la calidad, tales como los retardos, las fluctuaciones y los ecos.

Al borde de la ruta principal de paquetes están las pasarelas (Gateway): su función principal es adaptar el tráfico del cliente y de control a la tecnología de la NGN. Las gateways se interconectan con otras redes, en cuyo caso son llamadas gateways de red, o directamente con los equipos de usuarios finales, en cuyo caso se las denomina gateways de acceso. Las pasarelas interfuncionan con los componentes de la capa de servicio, usando protocolos abiertos para suministrar servicios existentes y nuevos.

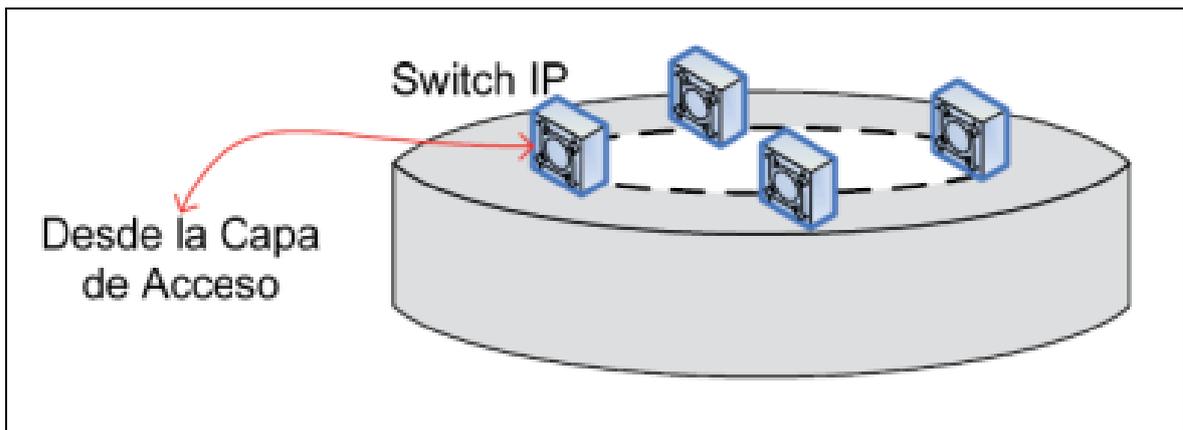


Figura 1.7 Capa de transporte

### 1.8.5 Capa de Servicio

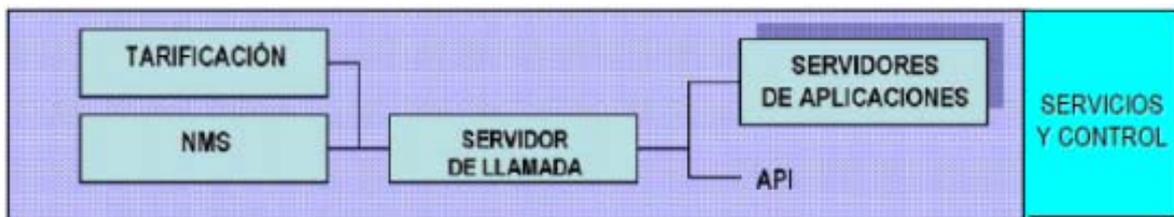


Figura 1.8 Capa de Servicio

Esta capa contiene el sistema que proporciona los servicios y aplicaciones disponibles a la red. Los servicios se ofrecerán a toda la red, sin importar la ubicación del usuario. Dichos servicios serán tan independientes como sea posible de la tecnología de acceso que se use. El carácter distribuido de la NGN hará posible consolidar gran parte del equipo que suministra servicios en puntos situados centralmente, en los que pueda lograrse una mayor eficiencia. Además, hace posible distribuir los servicios en los equipos de los usuarios finales, en vez de distribuirlos en la red. Los tipos de servicio que se ofrecerán abarcarán todos los de voz existentes, y también una gama de servicios de datos y otros servicios nuevos de medios múltiples.

### 1.8.6 Capa de Gestión



Figura 1.9 Capa de Gestión

Esta capa, esencial para minimizar los costos de explotar una NGN, proporciona las funciones de dirección empresarial, de los servicios y de la red. Permite la provisión, supervisión, recuperación y análisis del desempeño de extremo a extremo necesarios para dirigir la red.

## 1.9 FUNCIONALIDAD

Históricamente, el núcleo de las redes de telecomunicaciones ha venido desplegándose de forma que cada servicio, según la tecnología empleada, definía la infraestructura a emplear. Esta aproximación integral ha dado lugar a redes inflexibles, incapaces de amoldarse a los nuevos requisitos de servicio a medida que estos van apareciendo. Ejemplos de lo anterior son las redes de voz, las de circuitos de datos basadas en Frame Relay/ATM, las de ámbito metropolitano de alta capacidad basadas en Gigabit Ethernet o las redes de paquetes IP basadas en varios tipos de infraestructura. Por ello, los operadores de servicios están asumiendo la creación de redes de nueva generación, capaces de acomodar las consecuencias de los cambios que se están produciendo en la actualidad y que se caracterizan por:

- La demanda creciente de servicios de banda ancha, con apoyo de las administraciones públicas.
- La tendencia hacia el modelo de "triple play" con inclusión de servicios de ocio (TV, juegos en red) generadores de un altísimo tráfico.

- La reducción de margen en los servicios tradicionales con la consiguiente presión de los mercados para una reducción pareja de costes de operación de dichos servicios. Un ejemplo es la transmisión por voz.

Una red de nueva generación tiene como referentes la movilidad de las redes inalámbricas, la fiabilidad de la red pública conmutada, el alcance de Internet, la seguridad de las líneas ópticas, la flexibilidad de IP y de MMPLS para la integración de servicios de datos, voz y vídeo; así como la eficiencia que conlleva la operación de una infraestructura común y consistente. La aportación fundamental de estas redes de nueva generación y, en particular, de su núcleo, es la convergencia, que permite que podamos hablar de servicios de datos, de voz y de vídeo en vez de redes de datos, de voz y de vídeo como hasta ahora. La convergencia tiene lugar en dos niveles:

- Infraestructura: es el efecto de consolidar el transporte de datos, voz y vídeo, realizado tradicionalmente sobre distintas redes, sobre un "backbone" común de paquetes basado en MPLS. Los servicios tradicionales de circuitos para empresa basados en Frame Relay son transportados sobre MPLS, los circuitos dedicados se ofrecen ahora mediante acceso Ethernet y transporte sobre MPLS mientras que pueden ofrecerse servicios de red privada virtual tanto de nivel 3 como de nivel 2 (punto a punto y punto a multipunto) con distintas tecnologías de acceso.
- Servicio: en este caso, la convergencia significa que al integrar los servicios de datos, voz y vídeo sobre tecnologías de paquetes IP, esto permite acceder a las funciones propias de esta tecnología, es decir, calidad de servicio, seguridad (detección de intrusión, cortafuegos gestionados), almacenamiento, vídeo bajo demanda, etc.

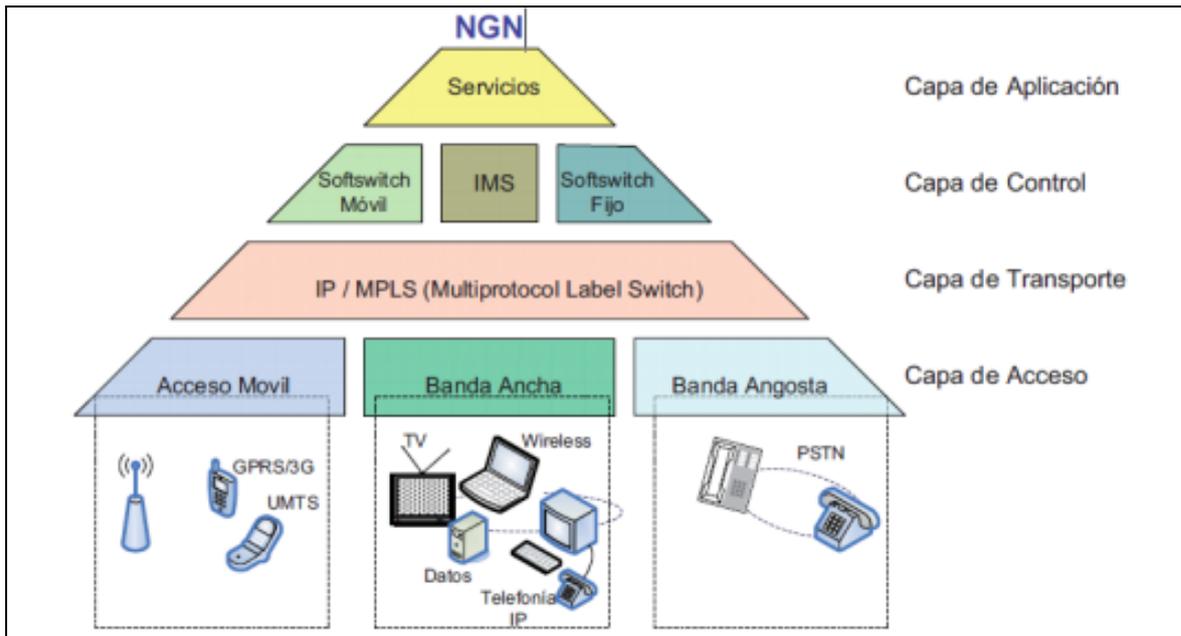


Figura 1.10 Arquitectura NGN, Diagrama de Bloques

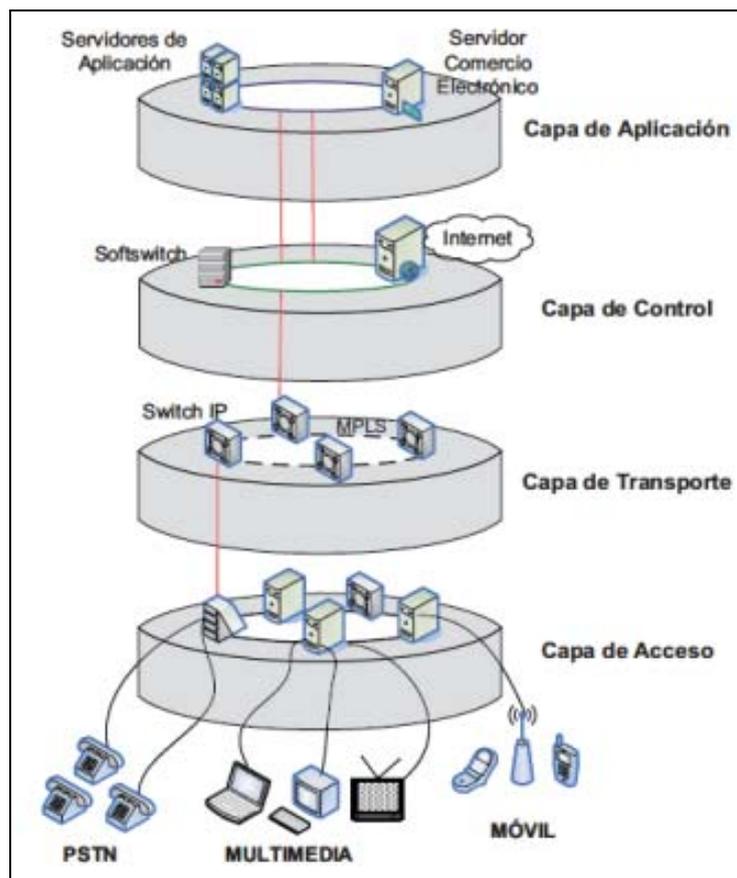


Figura 1.11 Arquitectura NGN, Diagrama Funcional<sup>73</sup>

<sup>73</sup> Ibídem.

## 1.10 SERVICIOS SOPORTADOS POR UNA NGN

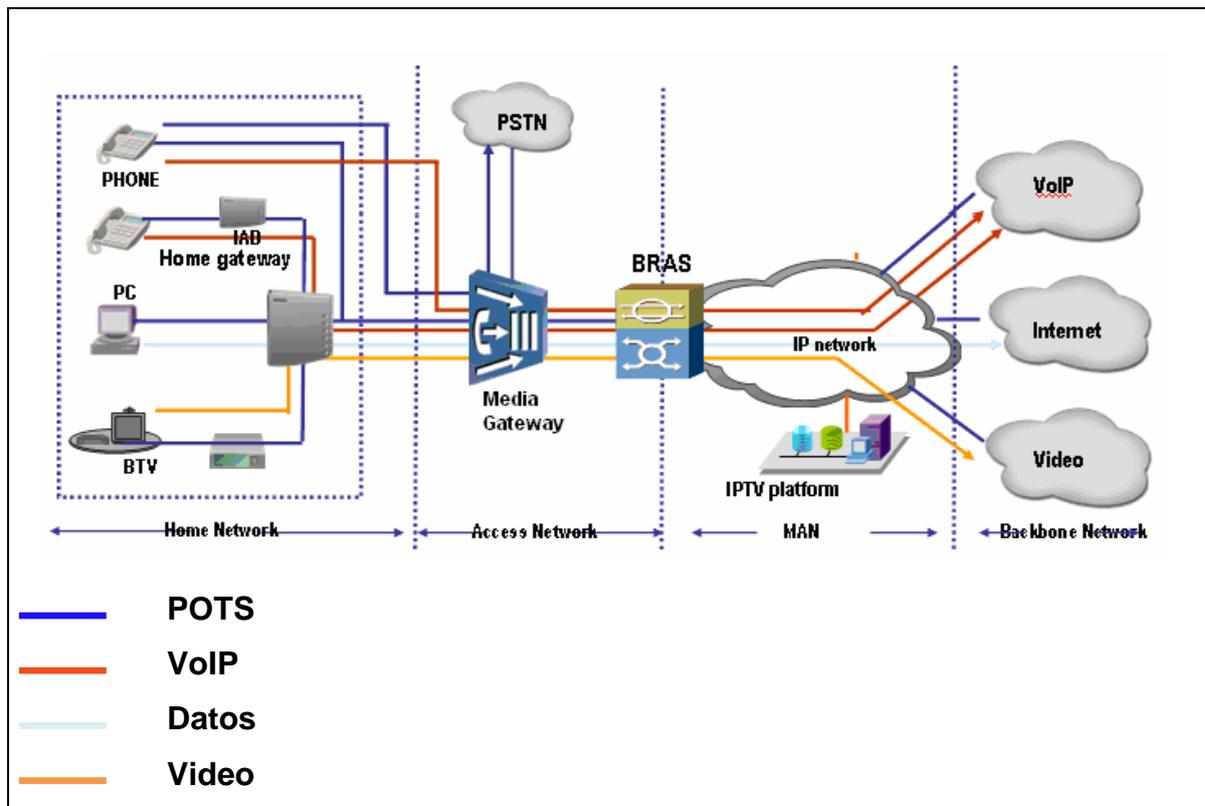


Figura 1.12 Servicios de NGN

A continuación se detalla una gama de servicios que son soportados por NGN:

### 1.10.1 Servicios Multimedia

Las NGN soportan comunicaciones conversacionales en tiempo real (otros distintos a la voz) y comunicaciones que no son en tiempo real. Esto implica proveer comunicación extremo a extremo utilizando más de un medio, por ejemplo:

- Servicios de mensajería: mensajería instantánea (IM), servicios de mensajes cortos SMS), servicios de mensajes multimedia, etc.
- Presionar y hablar (Push to talk) sobre NGN.

- Servicios interactivos multimedia punto a punto: video telefonía, whiteboarding, conversación total, conferencia multimedia con compartición de archivos y aplicaciones (juegos, aprendizaje).
- Servicios basados en un solo toque (push-based service<sup>15</sup>): por ejemplo servicios multimedia sobre IP que incluyen nuevos servicios como seguridad pública, gobierno e información tecnológica corporativa.
- Servicios de distribución de contenidos: radio y video streaming, música y video bajo demanda, distribución de imágenes profesionales y médicas, publicidad electrónica.
- Servicios de difusión/multidifusión.
- Servicios de información: estado del tráfico en las carreteras, información de tickets de vuelo, etc.
- Servicios basados en localización.

### **1.10.2 Emulación de Servicios PSTN/ISDN**

Los terminales convencionales utilizan los servicios de telecomunicaciones existentes mientras están conectados a la NGN, el usuario aprecia el mismo comportamiento como si estuviera conectado a las redes PSTN/ISDN convencionales, sin embargo no todas las funcionalidades e interfaces tienen que estar presentes para proveer la emulación de una red PSTN/ISDN en particular. Esta emulación se realiza mediante la adaptación a la infraestructura IP de la NGN de otro lado el conjunto de servicios PSTN/ISDN que se soporten solo serán aplicables a cierto conjunto de terminales convencionales.

### **1.10.3 Simulación de Servicios PSTN/ISDN**

Se habilita a los terminales NGN en una red NGN a utilizar servicios de telecomunicación similares a los servicios PSTN/ISDN convencionales (los

terminales convencionales con un adaptador pueden utilizar estos servicios de simulación). Los servicios simulados no tendrán necesariamente todas las funcionalidades definidas para la PSTN/ISDN y puede no usar necesariamente los modelos de llamada o protocolos de señalización que se utilizan en la PSTN/ISDN, la simulación proveerá capacidades similares a la PSTN/ISDN utilizando control de sesión sobre interfaces e infraestructura IP.

#### **1.10.4 Otros Servicios**

Esta categoría está orientada a varios servicios de datos comunes a las redes de paquetes, por ejemplo los servicios de red privada virtual (VPN) aplicaciones de recuperación de datos, servicios de comunicación de datos (transferencia de archivos, correo electrónico), aplicaciones en línea (ventas en línea, comercio electrónico, pedidos comerciales en línea, etc.) servicios de red de sensores, servicios de control remoto y acción a distancia (control de aplicaciones residenciales, telemetría, alarmas).

#### **1.10.5 Acceso a Internet**

En la NGN se ha considerado el acceso a Internet a través de los medios preexistentes, así como a través de la red núcleo NGN, que incluye transparencia en las comunicaciones en el contexto extremo a extremo, interacción entre pares (peer tú peer) y otros servicios dentro de los alcances de la NGN.

#### **1.10.6 Aspectos de Servicio Público**

Estos servicios pueden ser necesarios cuando las redes NGN soporten servicios públicos, por lo que la NGN proveerá estos servicios de acuerdo con las regulaciones nacionales, regionales, los tratados internacionales; dentro de estos servicios están:

- Intercepción legal
- Rastreo de llamadas maliciosas
- Identidad del usuario, presentación y privacidad

- Comunicaciones de emergencia
- Usuarios con discapacidad
- Selección de proveedor de servicios

### 1.11 IMS Y SERVICIOS

Por lo que hemos visto, NGN es por tanto un modelo de arquitectura de redes de referencia, el cuál debe tolerar el desarrollo de una amplia gama de servicios IP multimedia, así como también la evolución y migración de los servicios de telecomunicaciones actuales.<sup>74</sup>

Es posible que podamos separar dos grandes grupos, dependiendo de los marcos de actuación, con respecto al concepto de NGN en estos últimos años:

- Los mercados en expansión, en los cuales los servicios básicos de telecomunicaciones se encuentran en estado de crecimiento, donde se utilizan redes y servicios basados en los circuitos tradicionales, con la idea de optimizar el escenario actual a través del uso de NGN-SoftSwitches, transporte IP e interfaces de banda estrecha o banda ancha.
- Los mercados consolidados, en los que se intenta buscar un equilibrio entre los servicios fijos y móviles, una concordancia entre ambos mundos, y donde la banda ancha y los nuevos servicios IP multimedia hacen que los conceptos NGN e IMS (Internet Multimedia Subsystem), se conviertan en los ejes fundamentales para el progreso de la convergencia.

El desarrollo de ambos conceptos NGN y IMS, debería concedernos la posibilidad de trasladarnos hacia un modelo de redes verticalizadas, que sean específicas dependiendo de la gama de servicios que ofrecen, a un modelo de redes horizontales, unificadas, que den soporte a todos los tipos de servicios multimedia concebibles. Debería ser capaz de desarrollar un modelo de redes convergente y

---

<sup>74</sup> [[http://es.wikitel.info/wiki/Redes\\_de\\_Nueva\\_Generaci%C3%B3n\\_NGNs\\_-\\_NGaNs.\\_Fibra](http://es.wikitel.info/wiki/Redes_de_Nueva_Generaci%C3%B3n_NGNs_-_NGaNs._Fibra)]

servicios, alrededor de cual se puedan consolidar los Operadores Únicos Integrados y sus modelos de negocio.

### 1.11.1 IMS

El concepto IMS (Internet Multimedia Subsystem o IP Multimedia Subsistema) se usa para denominar al subsistema de control, acceso y ejecución de servicios comunes y estándar a todas las aplicaciones basadas en el modelo de arquitectura de nueva generación. Podría decirse que actúa como la capa de control de una red de nueva generación NGN.<sup>75</sup>

IMS ofrece la posibilidad de controlar el diálogo de los terminales de los clientes finales de forma centralizada y deslocalizada el diálogo, para de esta forma llevar a cabo la prestación de los servicios (voz, datos, video, etc.), cualesquiera que sean los que demanden.

El éxito de IMS se basa en tres fundamentos elementales:

- El primero es el uso de las tecnologías de la información. Se trata de adoptar e integrar los protocolos que ofrece internet (HTTP, TCP, UDP, etc.), con las comunicaciones personales (voz, mensajería, etc.) con las aplicaciones IT. De esta forma, se puede sacar un mayor partido aprovechando la capacidad y flexibilidad que ofrecen dichos protocolos para la prestación de cualquier tipo de servicio, así como también la posibilidad de desarrollo de nuevas aplicaciones.
- Sólo requiere conectividad IP por parte del cliente, por lo tanto este requiere una convergencia de los accesos fijos y móviles, por lo que a IMS le resulta indiferente el tipo de tecnología de acceso usada siempre que esta sea de banda ancha.
- Ofrece movilidad generalizada entre diversos accesos relativos a un mismo operador que incluye el mantenimiento de las comunicaciones que se

---

<sup>75</sup> *Ibidem.*

encuentran en estado de itinerancia. La movilidad entre redes de los clientes y las aplicaciones de estos entre diferentes dispositivos (PCs, móviles, PDAs, etc.). También se heredan las propiedades de control de movilidad, accesibilidad y localización, relativos a las redes móviles.

Las expectativas generadas por IMS parece que responden a la visión de cambio que puede producirse en la gran mayoría de los mercados y los operadores. Visión que concierne a las dos partes, operadores y clientes:

- **Por parte del operador:** los clientes se suscriben al dominio del operador, los cuales son controlados mediante perfiles de suscripción a éste cualquiera que sea la aplicación, se encuentre o no en su red. De esta forma, el concepto de dominio de aplicación (ISP) es trasladado a otro concepto, el del operador Telco. Así, se aumenta la visión del cliente con respecto al operador. Esto favorece la posición del operador frente a terceros (ISP incluidos) que intenten llegar a sus clientes finales, ofertando a los mismos con la posibilidad de acceso a clientes y/o a las capacidades de los servicios que ofrece su red.
- **Por parte del cliente:** garantiza movilidad, accesibilidad y localización, y acceso siempre a todos los servicios siempre mediante la mejor opción de conexión (Always Best Connected) dependiendo de las preferencias que haya seleccionado el usuario, también dependiendo del coste o ancho de banda que se requiera, una tarificación que permita el control de gasto y proporcionando a estas comunicaciones de características como QoS, fiabilidad, alta disponibilidad y seguridad de las redes Telcos.

De esta forma, IMS se convierte en una pieza clave, algo así como el impulsor último de la convergencia. Hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- IMS no es ninguna red, y por tanto no ofrece ningún servicio, es de alguna forma la base que permite que estos puedan definirse:
  - Las identidades de los usuarios (dominio).

- Los requisitos de los diversos tipos de accesos existentes para su control común.
- Los requisitos de los clientes y terminales ISP para su convergencia.
- Los habilitadores y capacitadores de servicios.
- El diseño que tendrán los servicios finales.
- Las interfaces de los diversos elementos que forman parte de la red para los sistemas y las herramientas de explotación comercial.

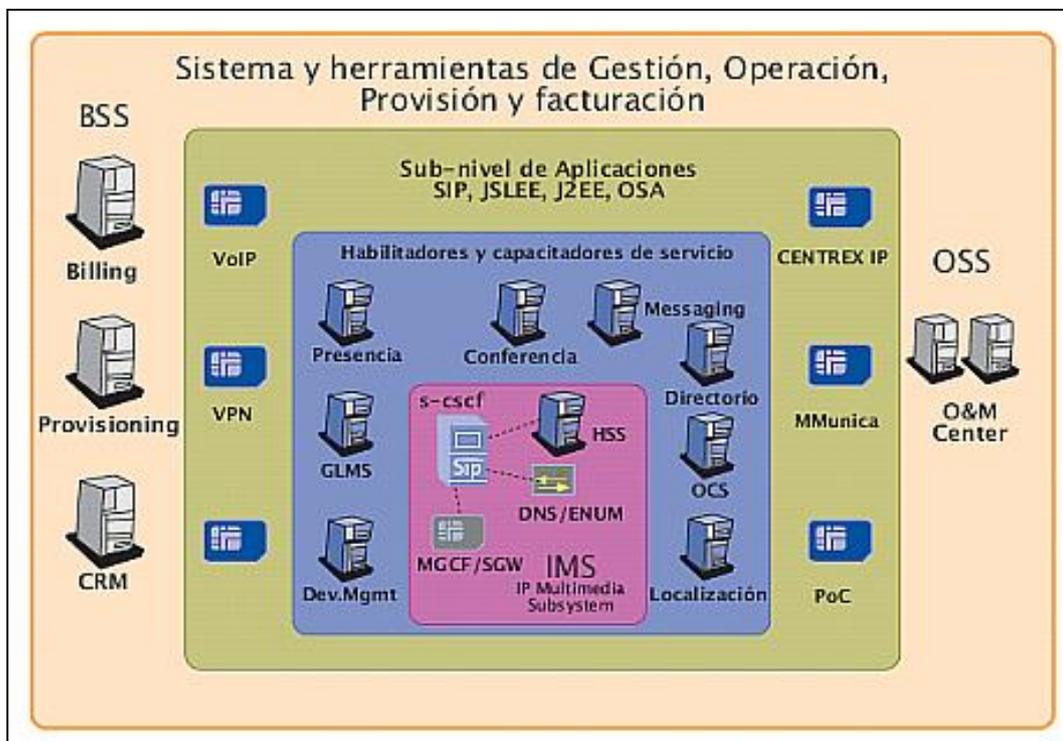


Figura 1.13 Sistema y herramientas de gestión, operación provisión y facturación

### 1.11.2 Tipos de IMS

Hay dos estrategias posibles, mediante el uso de IMS, para lograr la convergencia de las redes y los servicios fijos y móviles que caracterizarían a un operador integrado:

- **IMS único:** consta de una infraestructura común referente a un único plano de control, en la que existe una unicidad tanto en lo referente a usuarios como a servicios (usuarios de operador único y servicios del operador único, sin que haya una distinción relativa al acceso). En principio, esta red única constituiría el soporte de los nuevos servicios convergentes, y durante su evolución coexistiría con infraestructuras y funciones propias de las redes iniciales, para así conseguir una sostenibilidad de los servicios actuales, pero enfocada a la migración la que única red objetivo que se quiere conseguir.
- **IMS's interoperables:** consiste en una simple interconexión entre las diferentes capas de control, IMS's, entre dos redes que podrían mejorar la oferta de varios servicios convergentes, ambas acompañadas de unas disciplinas de trabajo comunes o compatibles.<sup>76</sup>

### 1.11.3 IMS Único

Este tipo de IMS garantiza los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de todas las aplicaciones independientemente de si trata de un acceso fijo o móvil.
- Sistema de tarificación común y flexible para todos los usuarios.
- Presencia única.
- Gestión de grupos única.
- Servicios de lista de contacto en la red.
- Gestión de usuarios única.
- Gestión de servicios única.
- Directorio único.
- Gestión de identidad única.
- Sistema de identificación y autorización único (SIM card based solution).<sup>77</sup>

---

<sup>76</sup> Ibídem.

<sup>77</sup> Ibídem.

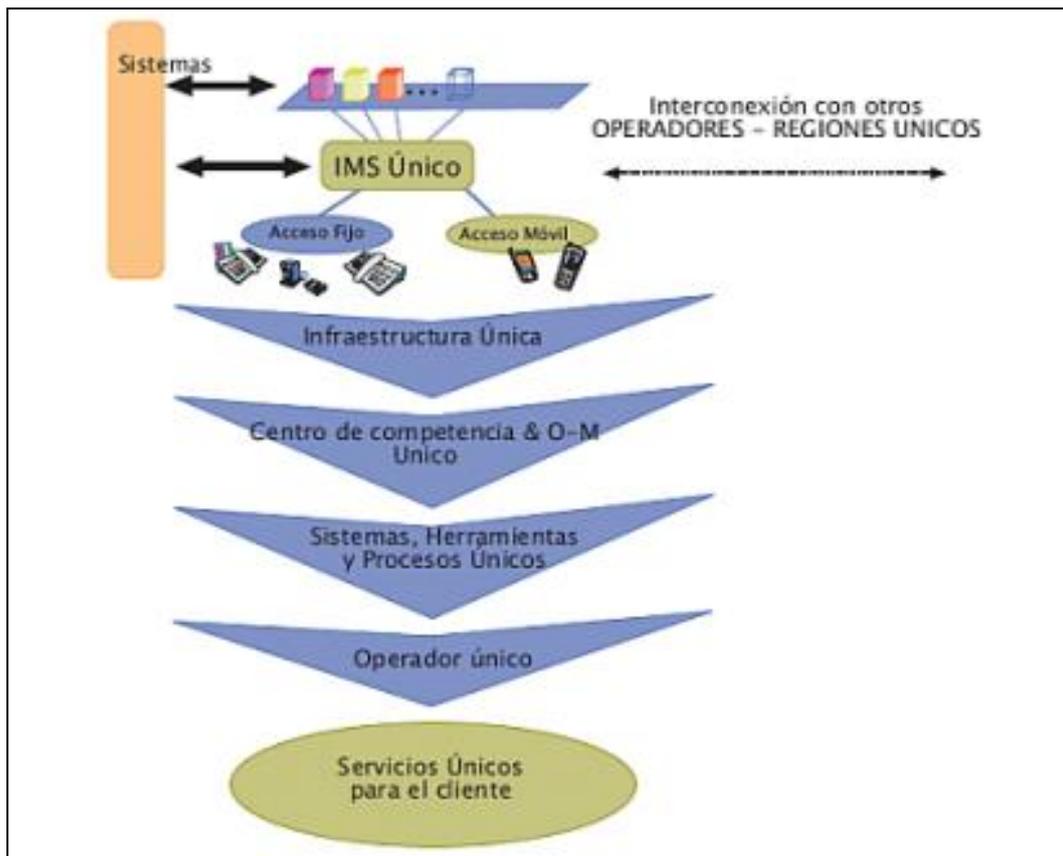


Figura 1.14 Interconexión con otros operadores – Regiones Únicas

#### 1.11.4 IMS's Interoperables

No garantizan el desarrollo de este tipo de servicios y su funcionalidad ya que la interoperabilidad entre los habilitadores de servicio no se contempla en los estándares (localización, presencia, etc.) ni tampoco entre las capas de servicios de dos redes basadas en IMS.<sup>78</sup>

Además, la experiencia nos ha enseñado las dificultades que existen a la hora de desarrollar soluciones e infraestructuras de soporte de servicios sobre diversas redes englobadas en un marco ausente de normas estandarizadas.

Si bien sería posible en teoría desarrollar un conjunto de sistemas y herramientas unificado, la experiencia nos dice que dos redes, que funcionan como base de servicios y clientes separados dan lugar a sistemas, procesos y herramientas igualmente separados también. La situación anterior se agranda cuando el punto

<sup>78</sup> Ibídem.

del que partimos está supeditado por dos negocios claramente consolidados y diferenciados.

### **1.11.5 Servicios**

Se refieren a los servicios que habilitan y permiten las redes de nueva generación emergentes, como son IMS o más generalmente arquitecturas de red basadas en IP.

Algunos ejemplos de dichos servicios incluyen:

- VoIP.
- IPTV.
- Aplicaciones basadas en presencia:
  - Mensajería instantánea.
  - Servicios basados en localización.

El servicio de VoIP anterior a IMS es una parte clave de los también llamados despliegues "triple-play". Estos tipos de despliegue consisten en tres servicios, normalmente: voz, video y datos. En ocasiones, se denominan también servicios "quad-play", a los que consisten en el mismo paquete anterior pero que está orientado para dispositivos móviles.

## **1.12 PROTOCOLOS UTILIZADOS EN NGN**

A continuación se menciona los aspectos más importantes de los principales protocolos que se utilizan en NGN.

### **1.12.1 Protocolo SIP**

SIP (Sesión Initiation Protocol) es un protocolo de señalización para conferencia, telefonía, presencia, notificación de eventos y mensajería instantánea a través de Internet. Fue desarrollado inicialmente en el grupo de trabajo IETF MMUSIC

(Internet Engineering Task Force Multiparty Multimedia Session Control) y, a partir de Septiembre de 1999, paso al grupo de trabajo IETF SIP.

Es utilizado en VoIP, gateways, teléfonos IP, softswitches, aunque también se utiliza en aplicaciones de video, notificación de eventos, mensajería instantánea, juegos interactivos, chat, 16 etc.

### **1.12.2 Características de SIP**

Usando SIP es posible implementar servicios telefónicos básicos y avanzados (voz, datos y video) sobre redes IP. Empleando Gateways, soporta comunicaciones entre usuarios de redes IP y también con usuarios de otras redes, incluyendo las redes telefónicas convencionales (PSTN).

SIP es independiente de los protocolos de las capas inferiores por lo que puede ser soportado sobre TCP (Transmisión Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol), igualmente sobre IP o ATM.

El SIP ofrece todas las potencialidades y las características comunes de la telefonía de Internet como:

- Llamada o transferencia de medios
- Conferencia de llamada
- Llamada en espera

Puesto que SIP es un protocolo flexible, es posible agregar más características y mantener la interoperabilidad hacia atrás. El SIP también sufre de NAT o restricciones firewall. El protocolo SIP se aplica para sesiones punto-a-punto unicast. Puede ser usado para enviar una invitación a participar en una conferencia multicast.

## **1.13 VENTAJAS DE NGN SOBRE LAS REDES IP TRADICIONALES**

Ofrece diferentes clases de servicios con confiabilidad:

- A diferencia de Internet, que ofrece servicios del “mejor esfuerzo”, las redes NGN pueden distinguir los paquetes que pertenecen a cada aplicación. Por ejemplo VoIP, video, datos particulares de una empresa sobre una VPN.
- La red NGN puede asegurar la calidad de servicio que cada paquete requiere asociada a cada aplicación.

### **1.13.1 Transporte de Tráfico en Tiempo Real**

- Hasta hace poco los enrutadores se tomaban mucho tiempo en las operaciones de procesar, recolectar y reensamblar los paquetes de la información, que imposibilitaban el transporte de tráfico sensible al retardo, Ej. la voz.
- Sin embargo, la reciente generación de enrutadores son tan rápidos en la transmisión y en el procesamiento de paquetes que los retardos introducidos son menos imperceptibles por el humano.
- Combinando enrutadores ultra rápidos con mecanismos que permitan diferenciar los servicios y protocolos que imponen la noción de una sesión IP, las redes NGN soportan realmente servicios como la telefonía y la televisión en vivo.

### **1.13.2 Interoperabilidad Completa con la PSTN**

- Las redes NGN en razón a que soportan tráfico telefónico deben interoperar con la red PSTN, para posibilitar el intercambio de llamadas con ella.

- Las redes NGN soportan funcionalidades básicas tales como:
  - Tono de llamada
  - Establecer y finalizar llamadas.
  
- Las redes NGN soportan todas las funcionalidades de la PSTN incluyendo portabilidad numérica, servicios de emergencia, llamadas gratuitas, facturación detallada, etc.

### **1.13.3 Servicios de Administración y Tarifación Flexible**

- En Internet la tarifa plana es la norma. Ya sea que el servicio se implemente vía conexiones dial up o por circuitos dedicados.
  
- El precio del acceso en Internet no está relacionado en que tanto se use y para qué.
  
- Las redes NGN poseen sistemas de administración y tarifación que soportan las modalidades de tarifas planas, o por uso.
  
- El servicio puede ser costado de una manera tal que refleje el valor para el cliente y la demanda que él ha hecho de los recursos de la red.

### **1.13.4 Administrar la Interconexión**

Los operadores de las redes NGN necesitan manejar el intercambio de tráfico con otros operadores, para:

- Asegurar la calidad de servicio extremo a extremo.
  
- Implementar las políticas de regulación y los cargos negociados con los otros operadores.

## 1.14 BENEFICIOS DE UNA NGN

El mercado de las telecomunicaciones ha experimentado una asombrosa metamorfosis desde los tiempos de Thomas Edison hasta su digitalización, hace unas pocas décadas. Pero la industria nunca se había enfrentado, como ahora, al impacto de la demanda de ancho de banda, la inestabilidad competitiva y la presión económica. Estos factores exigen medidas drásticas para mantener la rentabilidad y el crecimiento del mercado en su conjunto. Las NGN, con sus ofertas de servicios de alto valor agregado y de grandes beneficios para todos, parecen ser la respuesta. Dichas redes deben unificar la flexibilidad y capacidad de creación rápida de servicios demandada por el mercado del futuro, y ofrecer, al mismo tiempo, una ruta de migración para los servicios actuales, optimizando la productividad y los costos.

La complejidad del mercado y las necesidades del usuario final requieren poner una atención cuidadosa a la arquitectura de este tipo de redes, con el fin de asegurar que los valores de la última Generación de redes no se pierdan con el rápido desarrollo.

Los principales beneficios de las redes NGN son:

- Reduce al máximo el tiempo de recuperación de las inversiones, ya que factura a los usuarios múltiples servicios utilizando una misma Red.
- Cuenta con una amplia variedad de productos y servicios que van de acuerdo a las necesidades de cada usuario.
- Invierte en el desarrollo de la red gradualmente y a medida que va desarrollando su negocio.
- Permitir que el costo por abonado se ajuste a los servicios brindados.
- Reduce los costos operativos e incrementa la rentabilidad de los negocios.

- Dispone de una red con redundancia, lo que implica asegurar la disponibilidad permanente de los servicios y el incremento de la rentabilidad global del negocio.
- Puede diseñar esquemas de negocios donde el abonado pague de acuerdo a los servicios que utiliza, manteniendo un costo base por abonado.

### 1.15 ORGANIZACIONES NORMALIZADORAS

Tomando como base la información contenida en la carpeta técnica CCP.I-TEL/doc.776/06, de la CITELE,<sup>79</sup> esta sección presenta un resumen de los estudios que han venido realizando diversas organizaciones internacionales, para encarar la normalización de las NGN.

- UIT

A principios de 2002, la UIT empezó a trabajar con las normas NGN. A partir de entonces, se han organizado varios talleres sobre NGN a fin de tratar de asuntos que afectan tanto a la UIT como a otras organizaciones normalizadoras. Dos años después, la UIT estableció un grupo temático FGNGN (Focus Group on Next Generation Networks) para trabajar en relación con redes fijas y móviles, así como la calidad del servicio en DSL, la autenticación, seguridad y señalización. Actualmente, varias comisiones de estudio del UIT-T, tales como la 2, 11, 13 y 19, se ocupan de trabajos de normalización, mientras que la comisión 13 trata concretamente relativo a NGN. Recientemente, el FGNGN ha finalizado sus tareas relativas a la primera serie de normas para NGN. Esta especificación, conocida como NGN Versión 1, consiste en un marco global de servicios, capacidades y funciones de redes que constituyen una NGN, como se describe en la Y.2001. La próxima fase de dichas tareas, denominada NGN-GSI (Global Standards Initiative: Iniciativa de normas mundiales), se concentrará en los

---

<sup>79</sup> [[http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Convergencia\\_NGN.pdf](http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Convergencia_NGN.pdf)]

protocolos detallados que son necesarios para ofrecer la amplia gama de servicios previstos de las NGN.

- ETSI

El ETSI contempla las cuestiones de normalización de las NGN desde 2001. El comité técnico TISPAN (The Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks) está a cargo de todos los aspectos de la normalización para redes convergentes actuales y futuras, incluido el Protocolo de Transmisión de la Voz por Internet (VoIP) y las NGN. El TISPAN eligió el IMS GPP3 versión 6 para que sea la base del servicio SIP en las redes fijas.

- ATIS

La ATIS ha producido un marco de NGN con requisitos de alto nivel y principios rectores. La primera parte de dicho marco se refiere a las definiciones requeridas y la arquitectura de las NGN para que las nuevas redes se conecten sin interrupciones con los sistemas de comunicaciones. La segunda parte documenta las fases y prioridades de las capacidades de las redes para que las NGN y sus servicios se introduzcan de manera coherente. La ATIS ha colaborado con el UIT-T, TISPAN y 3GPP para formular una perspectiva general coherente de las NGN. La ATIS favorece la arquitectura IMS, y la considera la tecnología apropiada para respaldar nuevos servicios de valor añadido.

- IETF

El Grupo de Tareas sobre Ingeniería de Internet (Internet Engineering Task Force: IETF) no trabaja con las NGN como tema individual, pero sus grupos de trabajo tienen la responsabilidad de formular o extender los protocolos existentes para cumplir requisitos tales como los convenidos para las NGN en otros organismos normalizadores. Algunas de las actividades de normalización realizadas por el IETF respecto de las NGN son el SIP

---

(Session Initiation Protocol: protocolo de iniciación de sesiones), el MEGACO (Media Gateway Control: protocolo de control de pasarelas de medios), la SIPPING (Session Initiation Proposal Investigation: investigación de propuesta de iniciación de sesiones), el NSIS (Next Steps in Signaling: próximos pasos en la señalización), el IPv6, la MPLS (Multiprotocol Label Switching: conmutación por etiquetas multiprotocolo), la ENUM (Telephone Number Mapping: correspondencia de números telefónicos), etc.

## CAPITULO II

### 2 TECNOLOGÍA GPON

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

GPON (Gigabit Passive Optical Networks) o red óptica pasiva con capacidad de gigabit, aprobada entre los años 2003 y 2004 por el ITU-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones), es la estandarización de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbps.

A su vez, es uno de los estándares más sugerentes a la hora de ofrecer una conexión con fibra óptica en áreas metropolitanas. Este tipo de redes punto a multipunto se basa en dividir la señal óptica entre 64 abonados a través de una red de fibra completamente pasiva. El OLT (Optical Line Terminal) es el equipo de central y la ONT (Optical Node Terminal) el equipo de abonado.

GPON ofrece una capacidad de 2,5 Gbps downstream y 1,25 Gbps upstream compartidos por cada 64 abonados sobre distancias de hasta 20 km. El método de encapsulación que emplea esta tecnología se basa en el protocolo GEM (Generalized Encapsulation Method) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) con baja sobrecarga, aprovechando así al máximo el ancho de banda disponible. Sus características de QoS (Quality Of Service) y OAM (Operation Administration and Maintenance) avanzadas, permiten una gestión dinámica del ancho de banda e integrar una red IP completa extremo a extremo.

#### 2.2 CONVERGENCIA ADSL CON REDES GPON

En la actualidad la tecnología ADSL ha permitido ofrecer servicios de banda ancha a través del par telefónico de cobre tradicional. Gracias a estos servicios,

esta tecnología ha ido creciendo en número de usuarios. Sin embargo, el acceso de banda ancha a través de la fibra óptica se ve cada vez como algo más necesario para satisfacer la demanda de velocidad de los nuevos servicios de comunicación y ocio. La tecnología GPON se presenta como el estándar más atractivo para ofrecer fibra óptica hasta el hogar o hasta el edificio. Para el abonado solo supondría disponer de un ONT. En la ONT, instalada en el interior del hogar generalmente, se conectan los ordenadores, teléfonos, enrutadores, STB (set-top-boxes), caja decodificadora, etc. Si se desea realizar una transición gradual por parte de las operadoras antes de llevar fibra hasta el hogar, GPON sigue siendo la solución tecnológica ideal. De este modo, se consiguen superar las velocidades de ADSL/ADSL2/ADSL2+, sin necesidad de tender fibra óptica dentro del edificio y las casas de los abonados. GPON es una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP lo que permite una notable reducción de costes en los operadores, debido a que no tienen que instalar y mantener redes paralelas para cada servicio, lo cual podrá ser trasladado a medio plazo en tarifas más baratas a los abonados por servicios mucho más potentes.

### **2.3 HISTORIA**

A finales de los años 90, PON comenzó a ser considerado tanto por las operadoras como por los suministradores como una interesante solución para ofrecer acceso de fibra óptica hasta los usuarios. Al tratarse de una conexión punto a multipunto, aseguró un gran ahorro económico a la hora de extender la fibra óptica. Por otro lado, la tecnología PON no requería de dispositivos electrónicos u optoelectrónicos activos para la conexión entre el operador y el abonado, lo que supuso un ahorro en los costes de inversión y mantenimiento. En la primavera de 1995, se formó el FSAN (Full Service Access Network), con el fin de promover estándares mediante la definición de un conjunto básico de requerimientos y, de este modo, mejorar la interoperabilidad y reducir el precio de los equipos.

Con el abaratamiento de la fibra óptica y el interés de los distintos organismos reguladores de cada país por ella, los fabricantes y operadores abrazaron la

tecnología PON. Durante el año 2001, el FSN comenzó a definir los inicios de GPON.

Unos años más tarde, en el 2004, se terminaba de definir el estándar GPON, dicho estándar superaba con creces al resto de las tecnologías PON con velocidades de línea de hasta 2.488 Gbps simétricas y asimétricas. Otra de las cualidades eran su mayor ancho de banda y la capacidad de transportar tráfico de datos nativos y otros servicios integrados. Su único problema fue que tenía una gran complejidad por lo que no era posible desarrollar comercialmente de forma rentable productos compatibles con GPON. Hoy en día este problema ya está solucionado y son muchos los operadores que la emplean.

Actualmente podemos encontrar esta tecnología en casi todo el mundo, excepto en alguna partes de Asia, Europa Oriental y África. A continuación mostramos un mapa con la distribución actual.

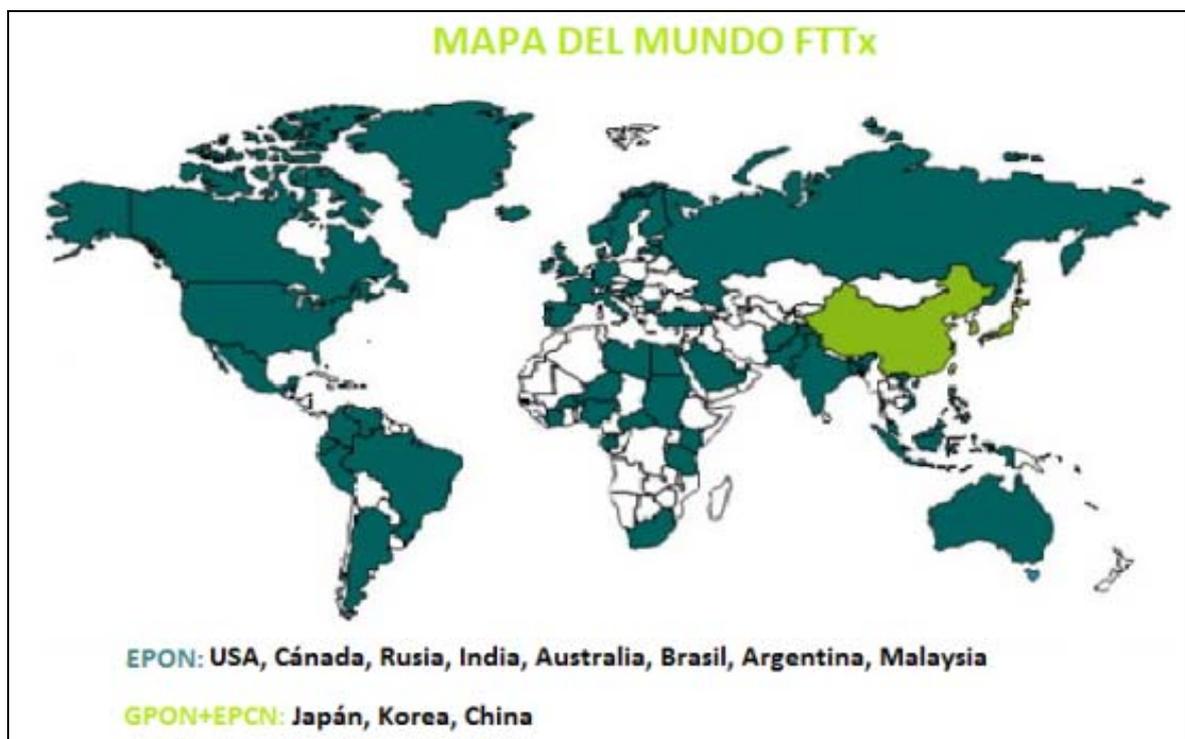


Figura 2.1 Mapa del mundo FTTX

Los principales suministradores de equipos de telecomunicación (Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei, Nokia-Siemens, ZTE, etc.) ofrecen soluciones GPON. Según

un estudio de Infonetics, durante 2008 se suministraron, a nivel mundial, cerca de un millón de puertos de este tipo. Esto significa un incremento del 338% respecto al mismo periodo del año anterior.

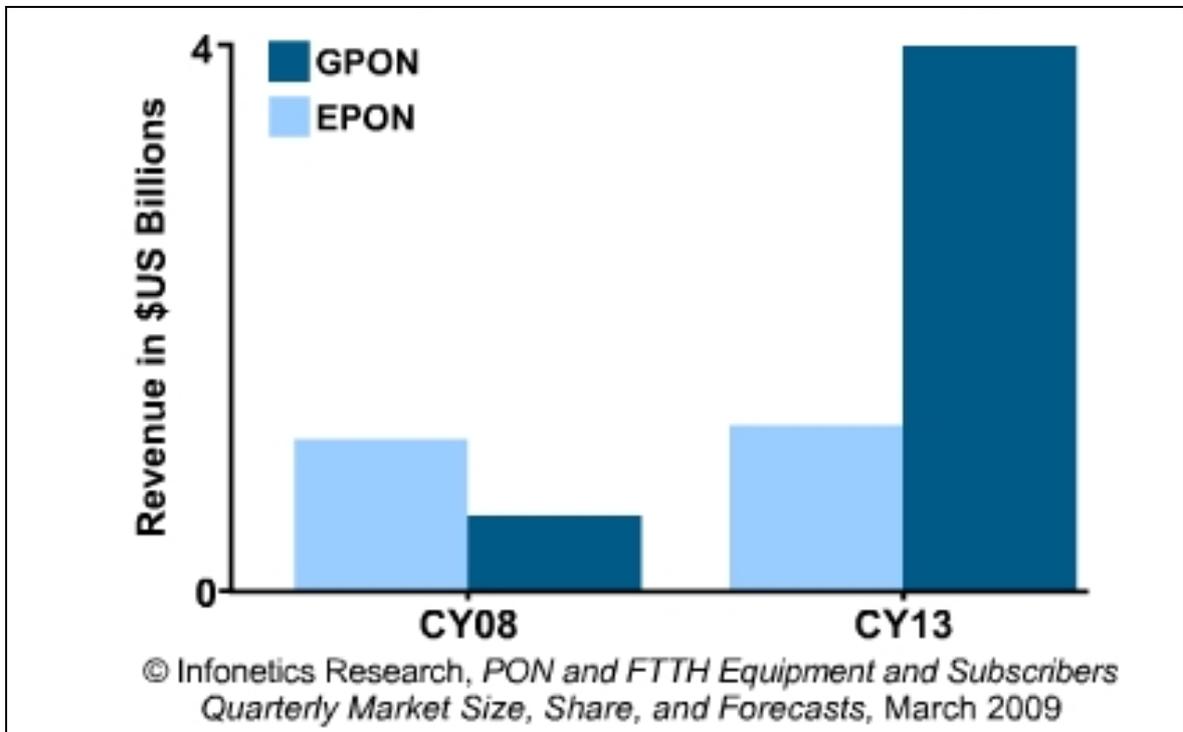


Figura 2.2 Equipos GPON y Epon: Ingresos en todo el mundo

## 2.4 CARACTERÍSTICAS

Las características que nos ofrece la tecnología GPON son entre otras, una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2.5 Gbps, además la capacidad de soportar tasas de bits asimétricas. Dicha red de fibra óptica, facilita la transmisión bidireccional de información en una sola fibra llamada PON. Actualmente la velocidad estandarizada por los suministradores de equipos GPON suelen rondar los 2,4 Gbps en el canal de bajada y 1,2 Gbps en el de subida y gracias a estas velocidades de transferencia de datos permite ofrecer videoconferencias o televisión digital de gran calidad. También podemos encontrar en ciertas configuraciones hasta 100 Mbps por abonado.

Otra de sus características es la abundancia de protocolos y servicios preparados para la seguridad de los datos. El método de encapsulación que emplea GPON

es GEM (GPON Encapsulation Method) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. GEM se basa en el estándar GFP (Generic Framing Procedure) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON. GPON de este modo, no sólo ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es además mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc.) sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes. Además, GPON implementa capacidades de OAM (Operation Administration and Maintenance) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades incorporadas cabe destacar: monitorización de la tasa de error, alarmas y eventos, descubrimiento y ranging automático, etc.

## 2.5 VENTAJAS DE LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON)

- Aumenta el alcance hasta los 20 km (desde la central). Con tecnologías xDSL como máximo se alcanzan los 5,5 km.
- Ofrecen mayor ancho de banda.
- Mejora la calidad del servicio debido a la inmunidad que presenta la fibra frente a los ruidos electromagnéticos.
- Se simplifica el despliegue de fibra óptica gracias a su topología • Se reduce el consumo por no haber equipos activos.
- Más baratas que las punto a punto.

## 2.6 APLICACIONES

Al ser GPON una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en

IP, permite una notable reducción de costes en los operadores, que al poder usar la misma red para todos sus servicios, podrán ofrecer tarifas más baratas a los abonados por servicios mucho más potentes (voz sobre IP, televisión digital de alta definición, vídeo bajo demanda, Internet de banda ancha sin restricciones de distancias y velocidad, juegos en red, etc.).

El estándar GPON soportara tanto servicios síncronos (voz y vídeo) mediante Multiplexación en el tiempo con un alcance de 750m a 2.7km, como asíncronos (datos) a través de ATM, con un alcance de 20Km. Así pues, resultará ideal tanto para la oferta triple play como para el intercambio de datos.



Figura 2.3 Aplicaciones

## 2.7 IMPLEMENTACIÓN MULTICAST

Multicast es el protocolo utilizado para la difusión de televisión. No confundir con el servicio de video bajo demanda. Este protocolo, integrado en la ONT, OLT y decodificador, permite al usuario seleccionar el canal de televisión que recibe en cada momento.

GPON es una tecnología punto a multipunto, en el que todos los usuarios reciben la misma información, pero sólo que quedan con la que está dirigida a ellos. Si dos usuarios piden el mismo canal, ¿para qué voy a enviarlo dos veces si los usuarios reciben toda la información?

El estándar GPON se ha diseñado para que una parte de la trama GPON esté dedicada al tráfico multicast, de tal manera que sea accesible por todos los usuarios. Esta es la manera de conseguir enviar una sola copia de cada canal independientemente de los usuarios que la estén solicitando.

### 2.8 EJEMPLOS DE IMPLEMENTACIÓN

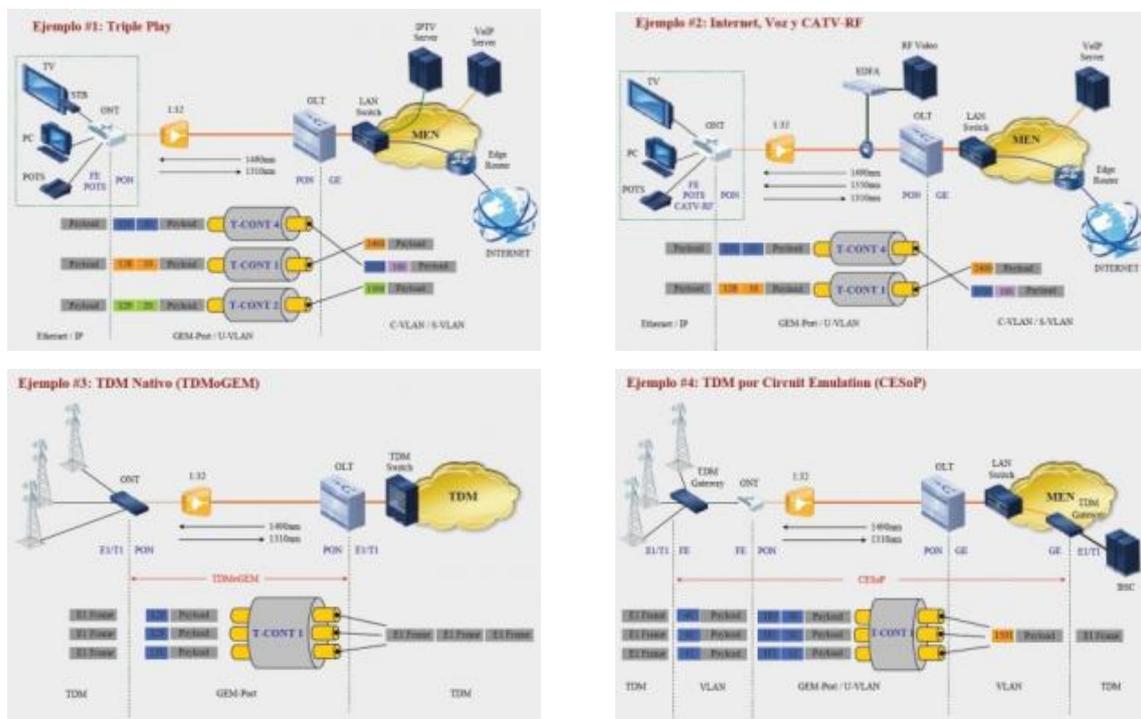


Figura 2.4 Ejemplo

### 2.9 ARQUITECTURA DE RED DE GPON

La red de GPON consta de un **OLT (Optical Line Terminal)**, ubicado en las dependencias del operador, y las **ONT (Optical Networking Terminal)** en las dependencias de los abonados para FTTH. La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT. Aunque depende del

suministrador, existen sistemas que pueden alojar hasta 7.168 ONTs en el mismo espacio que un DSLAM. En las arquitecturas FTTN las ONT son sustituidas por **MDU (Multi-Dwelling Units)**, que ofrecen habitualmente VDSL2 hasta las casas de los abonados, reutilizando así el par de cobre instalado pero, a su vez, consiguiendo las cortas distancias necesarias para conseguir velocidades simétricas de hasta 100 Mbps por abonado.

Para conectar la OLT con la ONT con datos, se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda *downstream*. Mediante un pequeño divisor pasivo que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, el tráfico *downstream* originado en la OLT puede ser distribuido. Puede haber una serie de divisores pasivos  $1 \times n$  (donde  $n = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ o } 64$ ) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto, algunas veces descrita como una topología en árbol. Los datos *upstream* desde la ONT hasta la OLT -que son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión *downstream*- es agregado por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de combinador en la otra dirección del tráfico. Esto permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico *downstream*.

Para el tráfico *downstream* se realiza un *broadcast* óptico, aunque cada ONT sólo será capaz de procesar el tráfico que le corresponde o para el que tiene acceso por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad AES (*Advanced Encryption Standard*). Para el tráfico *upstream* los protocolos basados en TDMA (*Time Division Multiple Access*) aseguran la transmisión sin colisiones desde la ONT hasta la OLT. Además, mediante TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, por lo cual, no sufre de la ineficiencia de las tecnologías TDM donde el período temporal para transmitir es fijo e independiente de que se tengan datos o no disponibles.

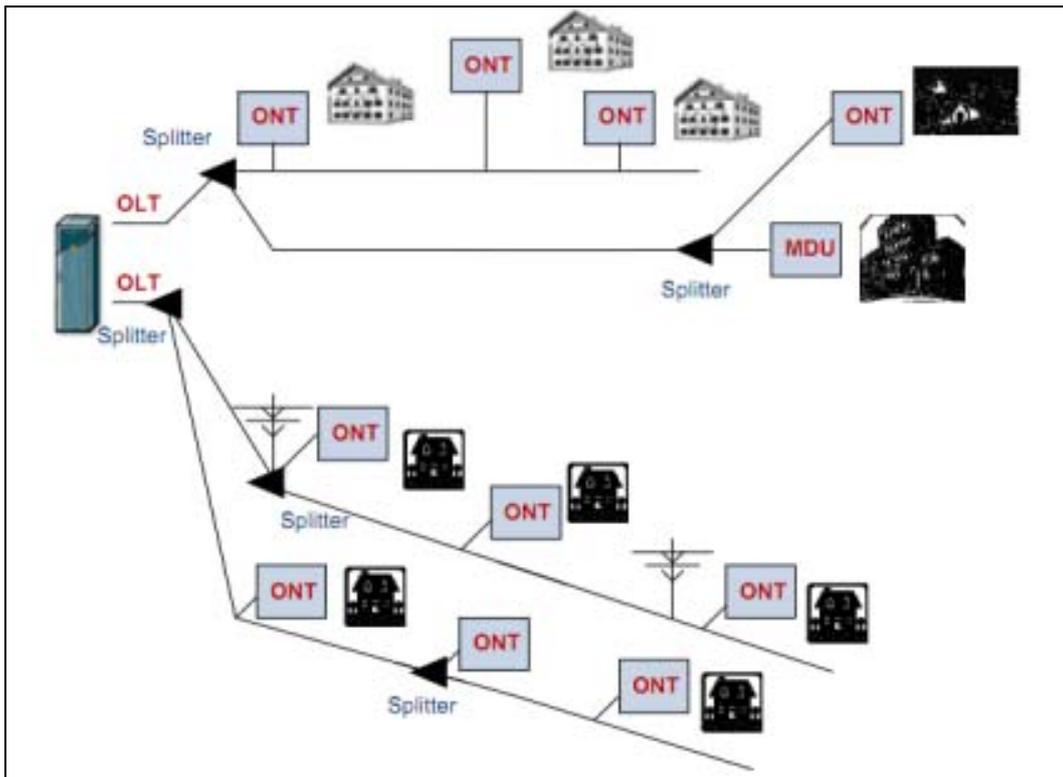


Figura 2.5 Arquitectura de red de GPON

También tenemos distintos tipos de configuración dependiendo de los enlaces OLT y el *splitter*, y entre este y la ONU's, a continuación podemos ver con mayor claridad estos tipos de configuración:

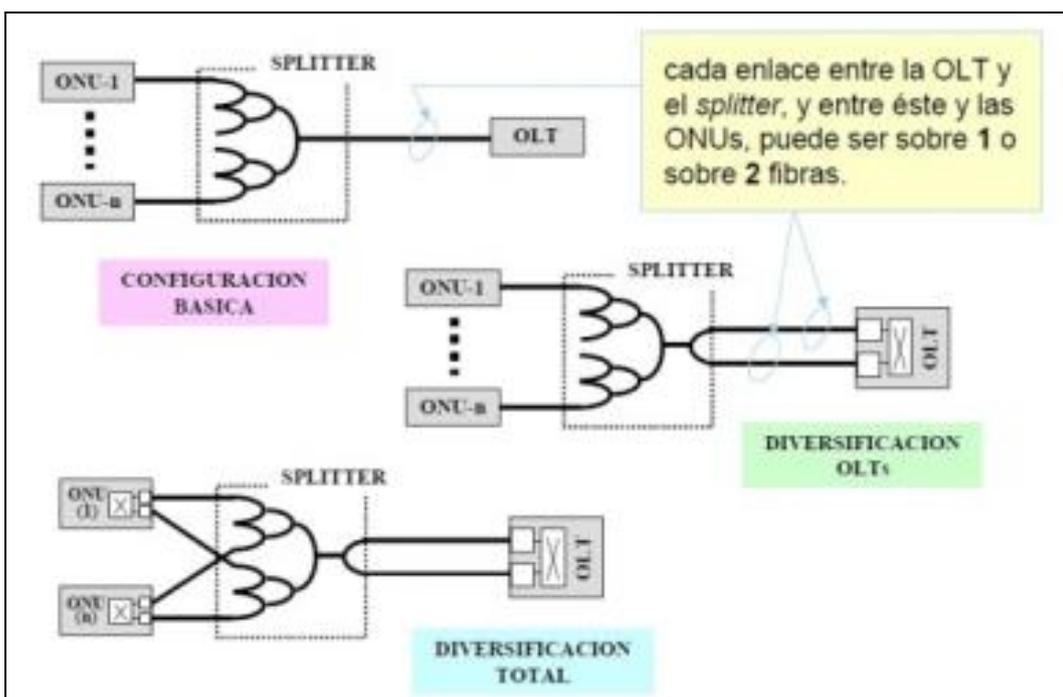


Figura 2.6 Tipos de configuración

Hay tres componentes principales en una red de acceso GPON (distintas de la propia fibra). La óptica GPON Line Terminal (OLT) es el concentrador de red, normalmente se instala en una oficina central (CO). El divisor (o splitters) permite que una sola fibra del CO que se repartirán entre un número de abonados. El terminal de red óptica (ONT) sirve un permiso único de residencia, convirtiendo las señales ópticas en señales eléctricas que se pueden utilizar dentro del hogar. Tenga en cuenta que las normas de la UIT llaman al dispositivo del suscriptor una red óptica Unidad (ONU), y muchos utilizan ONU en el sentido de que una ONT actúa sobre varios abonados, lo que sería común en una instalación que cubra a varios apartamentos en el mismo edificio.

GPON se especifica que un sistema de fibra simple o doble, pero casi todos los sistemas GPON son de fibra aislada, como prácticamente todas las tecnologías FTTH popular. Por ejemplo: G.984 permite llegar a 60 kilómetros de alcance máximo de 20km y diferencial de hasta 128 usuarios en una red GPON único. Sin embargo, los sistemas GPON suelen proporcionar únicamente 0-20 kilómetros debido al alto precio de la óptica. Por otro lado, tenemos que G.984.6 es una nueva especificación UIT-T, que prevé un extensor de mitad de luz que puede aumentar el alcance de los GPON más allá de 20 km hasta 60 km.

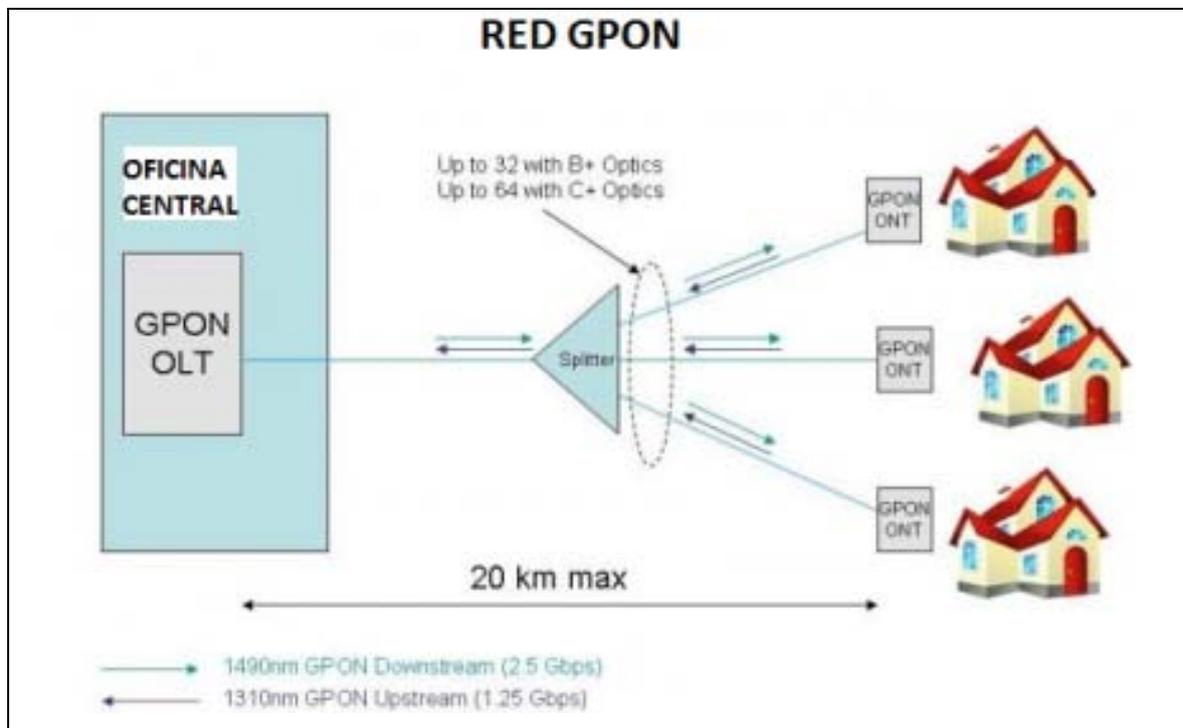
Una red GPON puede tener dos, tres o cuatro longitudes de onda en uso. A continuación veremos los del tipo de dos y tres longitudes de onda.

### **2.9.1 Dos Longitudes de Onda**

La aplicación más común para evitar interferencias entre los contenidos en el canal descendente y ascendente es utilizar dos longitudes de onda diferentes superpuestas utilizando técnicas WDM (Wavelength Division Multiplexing). Esto implica el uso de filtros ópticos para separarlas.

Las redes ópticas pasivas han de estar ajustadas en función de la distancia entre el usuario y la central, el número de splitters y su atenuación. Para que el nivel luminoso que reciba cada ONU esté dentro de los márgenes, o bien se ajusta el nivel del láser o la atenuación de los splitters.

El siguiente diagrama muestra la arquitectura básica de una red GPON con dos longitudes de onda. La longitud de onda descendente es 1490nm y transmite los datos a 2,488 Gbps. La longitud de onda ascendente se 1310nm y transmite los datos a 1,244 Gbps.



**Figura 2.7 Red GPON**

La óptica GPON Line Terminal (OLT) normalmente se instala en una oficina central (CO), aunque podría ser instalado en otro lugar. El divisor óptico está instalado en algún lugar entre el CO y los suscriptores. Una red óptica de GPON Terminal (ONT) se instala en casa de cada suscriptor. Voz, video y todo el tráfico de datos deben ser entregados en toda la longitud de onda única GPON. Una faceta interesante de GPON es que da soporte de vídeo IP.

La óptica de la ONT GPON de una aplicación se llama longitud de onda de un discriminador (**diplexer**). Diplexores se puede implementar con un diseño PLC (**Planar Lightwave Circuit**).

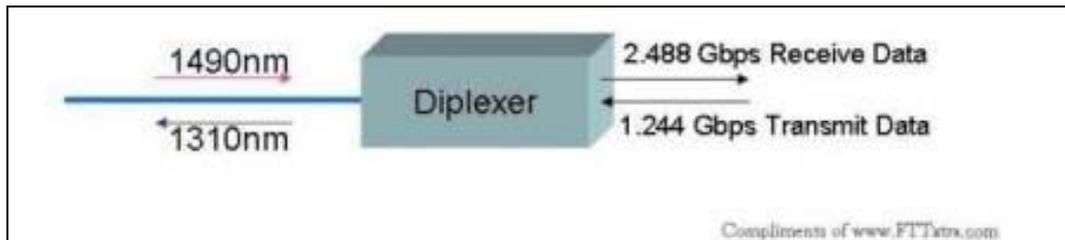


Figura 2.8 Aplicación diseño PLC

### 2.9.2 Tres Longitudes de Onda

La arquitectura de un sistema de longitud de onda GPON tres es idéntica a la de un sistema de longitud de onda dos, con la adición de una longitud de onda de vídeo. El siguiente diagrama muestra la arquitectura de una red de RF de tres longitudes de onda de superposición GPON.

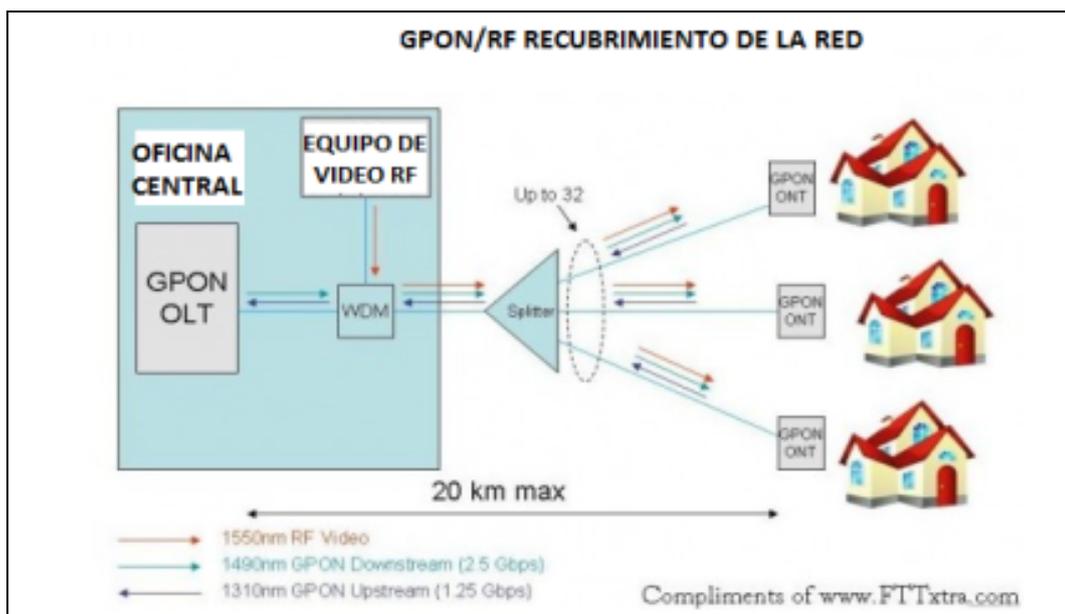


Figura 2.9 GPON/RF Recubrimiento de la red

Hay que tener en cuenta que sólo hasta 32 ONT están indicados para un solo puerto OLT. Esto se debe a la señal de video de RF de superposición y no la señal GPON. Para llegar a 20 kilómetros y 32 abonados en una sola red, la máxima cantidad de luz que una fibra aceptará (20 dBm o mW 100) debe ser insertado en la fibra por el equipo de video de RF de superposición, y cualquier potencia óptica adicional simplemente se desperdicia.

El transmisor-receptor en la ONT GPON de RF de superposición de vídeo GPON se llama **triplexer**. Los triplexers son más caros que diplexores y generalmente se aplican con una óptica unidimensional.

La ONT se limita a convertir la señal óptica de 1550 en una señal eléctrica para la entrega en todo el hogar de más de 75 ohmios de cable coaxial. El tema más complicado es el de resolver con una longitud de onda de la señal, en conseguir controlar datos de la superposición de la señal de RF en la cabecera. Una opción es convertir el tráfico en IP y enviar la corriente en la longitud de onda 1310nm aguas arriba, aunque este método tiene algunas limitaciones.

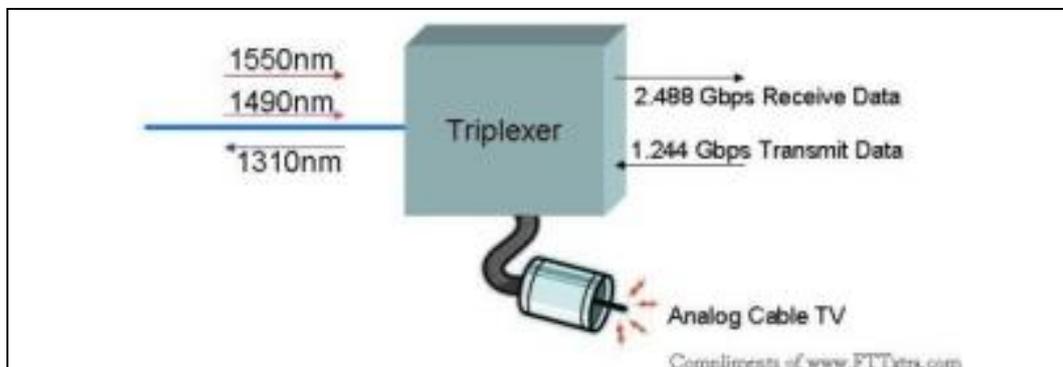


Figura 2.10 Tres longitudes

### 2.9.3 OMCI

**OMCI (ONT Management and Control Interface)**, es el protocolo de gestión utilizados entre la OLT y la ONT. Con OMCI, los sistemas externos de gestión no tienen que comunicarse directamente con la ONT. OMCI permite una única dirección IP que se pueda utilizar para administrar un OLT y, a través de OMCI, todos sus asociados ONT. Esto es muy eficiente para la conservación de direcciones IP, y se reduce la carga en un sistema de gestión, pero sí requiere la aplicación de un protocolo de gestión de la tecnología específica. Si hay una aplicación de VoIP en la ONT, es probable que requiera de una gestión independiente y de las direcciones IP de todos modos. Debido a la popularidad de VoIP en estos sistemas, la conservación de direcciones IP con OMCI es de dudoso beneficio en muchas implementaciones GPON.

### 2.9.4 Capa Física

En cuanto a la capa física tenemos dos tipos de alcance:

- **Lógico** cuya distancia máxima es gestionada por capas superiores: MAC,... Este tipo de alcance pues llegar a los 60 km.
- **Físico**, puede llegar a los 20 km y se usa entre puntos S/R(*Send/Receive*) y R/S(*Receive/Send*).

En la siguiente figura podemos apreciar las tasas *Upstream* y *Downstream* en relación a si se usa sobre una fibra o dos, también vemos el margen de pérdidas en las distintas clases de canales ODN, esto nos ayuda para comprender mejor el uso que podemos darle a esta tecnología y ver cuál puede ser tu tasa de error a la hora de implementarla.



Figura 2.11 Capa Física GPON

Los sistemas GPON pueden utilizar corrección de errores (FEC, *Forward Error Correction*), definiéndose la ganancia de la misma, **G**, como la diferencia de potencia óptica a la entrada del receptor, con y sin FEC, para una tasa de error en bits (BER) de  $1 \times 10^{-10}$ .

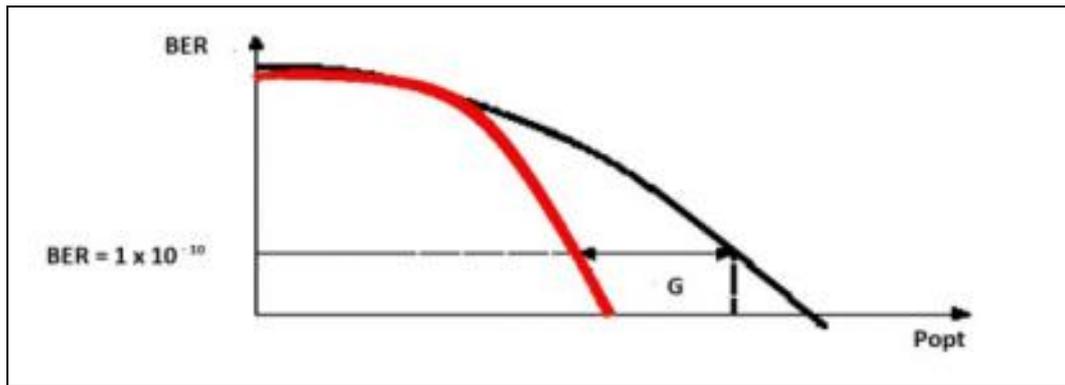


Figura 2.12 Error Gpon

Respecto con este estándar, la ganancia G se puede emplear para disminuir la sensibilidad del receptor o la potencia del transmisor, pero no ambas a la vez, para facilitar el interfuncionamiento de equipos.

## 2.10 CANAL DOWNSTREAM

Este canal es el del sentido descendente, aquí podemos encontrar una serie de características, tales como:

- Un protocolo de difusión a todas las ONUs/ONTs.
- Encriptación AES (*Advance Encryption Standard*), para la carga útil sobre bloques de datos de 16 bytes con claves del mismo número de bytes.
- Una ONU/ONT puede, o no, soportar FEC, con una ganancia de 3/4 dB.
- La trama descendente es de una longitud fija, 125  $\mu$ seg (19440 si es de 1,2 Gbps, o 38880 bytes si es de 2,4 Gbps), la cual contiene varias tramas GEM, excepto en sus 32 bits iniciales, que son de sincronización.

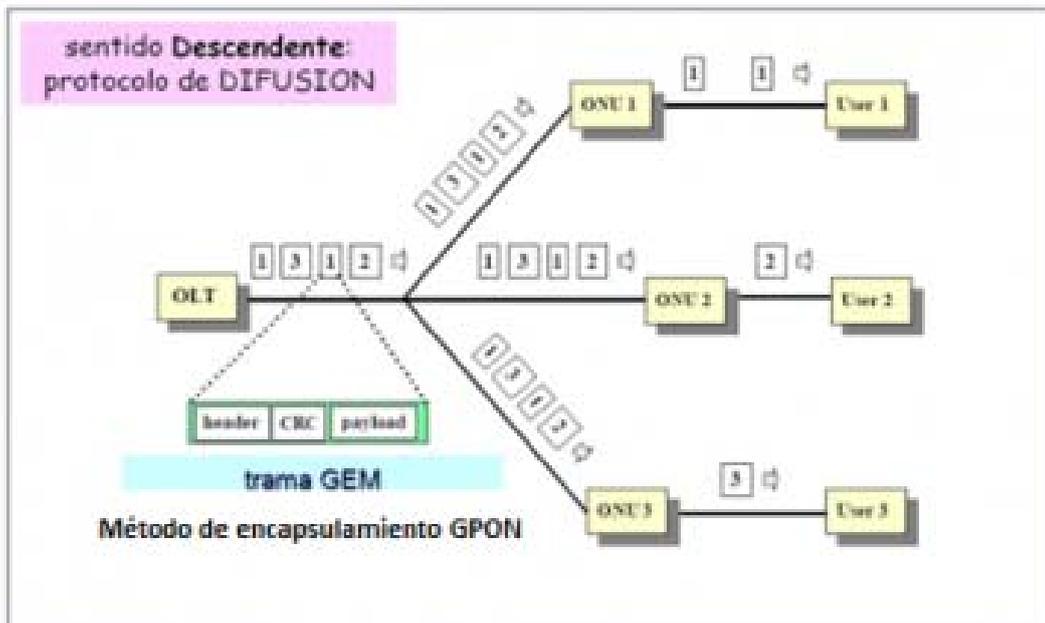


Figura 2.13 Método de encapsulamiento GPON

## 2.11 CANAL UPSTREAM

El canal *Upstream* es el encargado del envío de datos en el sentido ascendente, podemos destacar las siguientes características:

- El protocolo de acceso al medio del tipo TDMA (*Time Division Multiple Access*) y es controlado de forma dinámica por la OLT.
- La trama ascendente está constituida por las transmisiones de una o varias ONUs/ONTs.
- Este canal también posee una trama aleatorizada, en la cual tiene un campo BIT (*Bits Interleaved Parity*) de 8 bits, la cual usa para la sincronización.
- Y existe una "trama sin servicio", por si no hubiese datos del usuario, para así mantener la sincronización.

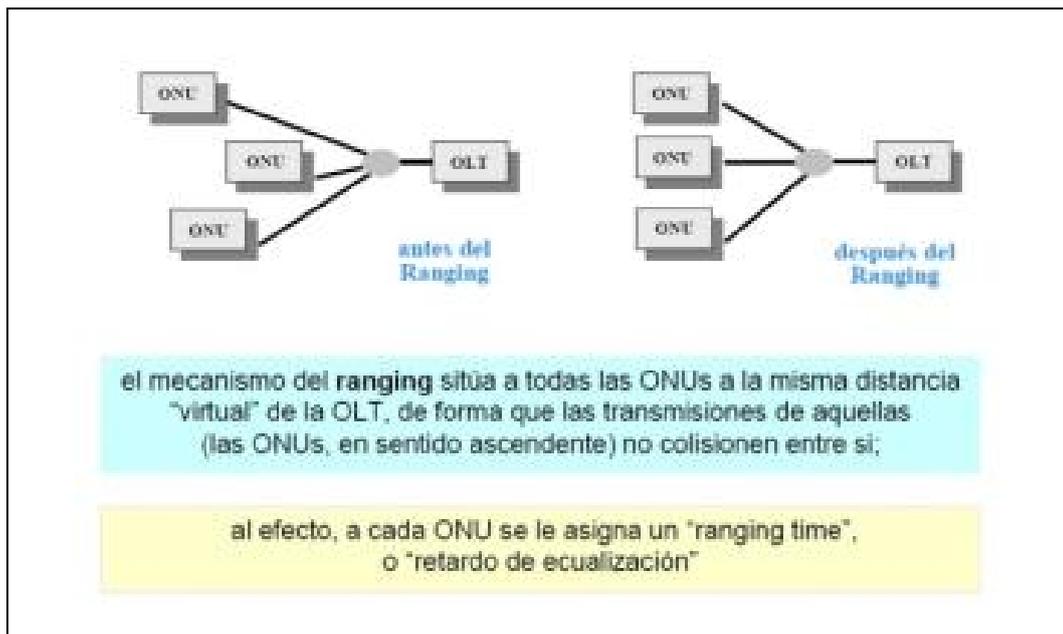


Figura 2.14 GPON Upstream

## 2.12 PROBLEMÁTICA CON LAS REDES PON Y GPON

### 2.12.1 Compartición del Medio por Varios Terminales

Como ya se ha comentado, el medio óptico en una red PON es común y en ella se emplean técnicas de comunicación punto multipunto. Este hecho tiene importantes implicaciones a la hora de definir cómo se arbitra el tráfico en el canal ascendente. Por ello es importante establecer un esquema de TDMA en el que la OLT sea la encargada de arbitrar el momento en el que cada ONT puede emitir. En cada trama "downstream" se incluye un campo (BWMAPs) en el que se indica una referencia temporal para que cada ONT conozca cuando emitir datos. Esta referencia temporal es dinámica y variable, siendo la OLT la encargada de decidir las asignaciones de ancho de banda correspondientes a cada ONU siempre cumpliendo:

- Cada ONT el ancho de banda ascendente mínima configurado.
- Latencia mínima y Roundtrip mínimo.

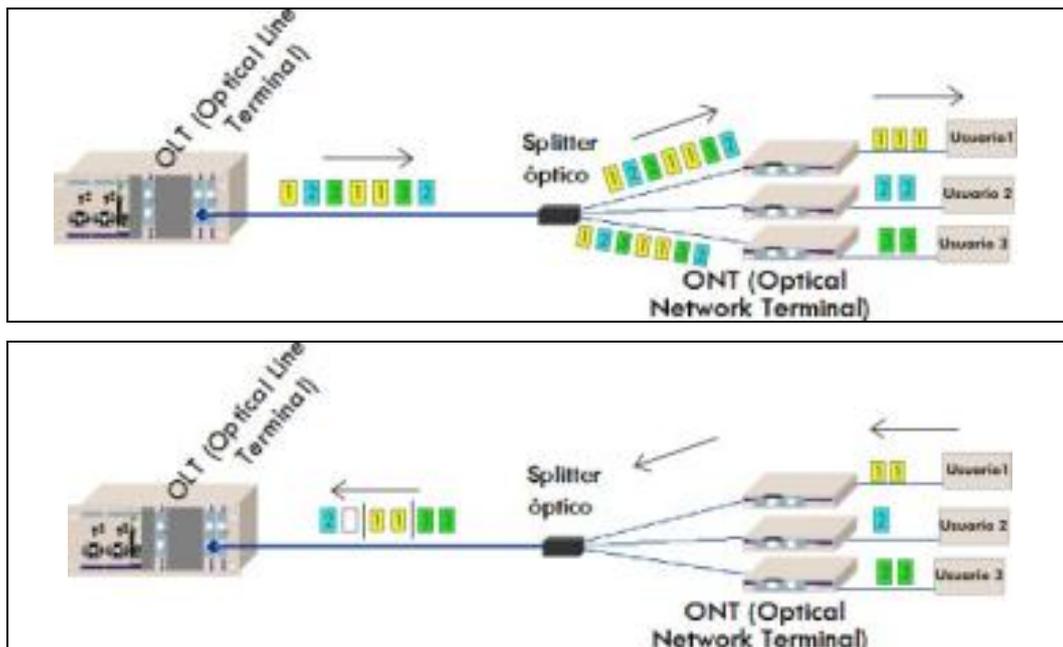


Figura 2.15 Solución GPON –Downstream, Upstream

Sin embargo, hay un grado de complejidad extra, la diferencia de referencia temporal que hay entre las diferentes ONTs. Por ello, se establece un proceso de “Ranging” que permite calibrar la distancia de cada una de las ONTs (el cual es bastante complejo). De este proceso aparecen las denominadas "ventanas de silencio" que son puntos importantes a verificar para que la red GPON funcione correctamente (sin ello no se podría iniciar ningún proceso de negociación).

### 2.12.2 División de Potencia y el "Budget" Óptico

La estructura de una red PON es la de una fibra que se va dividiendo en más fibras usando splitters. En este punto aparece el concepto de “grado de splitting”(número de divisiones que sufre la fibra hasta llegar a una ONT). El grado de splitting nos indica que porcentaje de la potencia óptica está llegando a una ONT. Añadiendo las atenuaciones debidas a conectorización, fusión y la distancia en la fibra, resulta que la atenuación en un circuito GPON puede ser muy elevada.

### 2.12.3 Interoperabilidad

Uno de los retos del mercado del acceso de alta velocidad es el precio por abonado. Se han presentado las ventajas económicas de un despliegue tipo PON. Sin embargo hay que tener en cuenta el precio de la ONT o terminal de cliente. Con el objetivo de reducir dicho precio es importante que cualquier OLT sea capaz de interactuar con cualquier ONT, independientemente del fabricante. Sin embargo, GPON tiene una serie de características que pueden dificultar la interoperabilidad entre fabricantes:

- **Implementaciones comerciales pertenecientes a versiones antiguas del estándar:** A pesar de que en estos momentos se encuentra en un estado muy maduro, todavía no hay una versión definitiva. Esto ha generado que los fabricantes "*early adopters*", hayan implementado versiones del estándar que pueden diferir bastante del actual.
- **Complejidad temporal del proceso de negociación:** Los procesos de descubrimiento y *ranging* son muy sensibles. Un retraso o adelanto de microsegundos puede significar que dos equipos no negocien.
- **Interpretaciones erróneas del estándar:** GPON es un estándar complejo y ha sufrido importantes evoluciones. No es difícil que diferentes fabricantes interpreten el estándar de distinta forma causando problemas irreconciliables en los procesos de negociación.
- **OMCI, un estándar muy amplio:** La capa de gestión OMC está pensada para configurar de manera remota todas las funcionalidades de una ONT. Además, el estándar define un conjunto de entidades OMCI que pueden combinarse para establecer los mismos servicios. Dos fabricantes pueden ser capaces de ofrecer los mismos servicios sobre GPON pero utilizar diferentes entidades OMCI.
- **Heterogeneidad entre Operadores:** Cada *carrier* que despliega una solución GPON elige un subconjunto de OMCI para desplegar sus

servicios, esto significa que de hardware GPON personalizan implementaciones específicas de su capa OMCI para cada operador.

## **2.13 COMPARATIVAS ENTRE EPON Y GPON**

Claramente hay sustanciales diferencias entre la tecnología EPON y GPON, sobre todo en capa 2. Sin embargo los diseñadores de arquitectura de red también encontrarán diferencias en términos de ancho de banda, alcance, eficiencia, coste por usuario y gestión.

### **1. Ancho de banda aprovechable**

Los anchos de banda varían entre los dos protocolos. GPON promete 1.25Gbps ó 2.5Gbps en canal descendente y un ancho de banda escalable desde 155Mbps hasta los 2.5Gbps. EPON, por su parte, ofrece un ancho de banda simétrico de 1Gbps donde se desperdician aproximadamente 250Mbps en la codificación 8b/10b (hasta completar la velocidad de línea de 1.25Gbps).

GPON no minora ancho de banda para la codificación, puesto que utiliza un esquema NRZ y un entrelazado de datos típico de las redes SDH. De esta manera, GPON dispone de un ancho de banda superior en un 25% a EPON en canal ascendente.

Sin embargo, cuando se trata de agregar el tráfico de varios controladores de cabecera, lo que parecía en GPON una ventaja en ancho de banda, se pierde al hacer una conversión a los flujos GigabitEthernet que necesitan los conmutadores de cabecera. Es decir, en líneas generales, GPON añade un ancho de banda que no será aprovechado por los operadores cuando la señal GPON se transporte en redes WAN Gigabit Ethernet.

### **2. Alcance**

Como sucede con cualquier otro protocolo, el alcance sobre fibra viene definido por el rango dinámico del enlace óptico. En la actualidad, el alcance de ambos

protocolos es aproximadamente de unos 20Km, siendo limitado por el número de ONUs definidos para el nodo.

GPON soporta hasta 128 ONUs. Con EPON no existe una limitación en el número de nodos, aunque 256 es un valor máximo adecuado. En estas condiciones de equipado máximo de nodos, evidentemente, el alcance máximo de EPON se reduce frente a GPON al existir mayores pérdidas de inserción derivadas del uso de un número mayor de divisores ópticos.

### **3. Coste por suscriptor**

El uso de EPON elimina completamente los costosos y complejos equipos de transporte ATM/SDH de los operadores de transporte, simplificando sus redes y, por lo tanto, no imputando sus costes a los usuarios. Se ha estimado que EPON repercute un 10% menos que GPON el coste de los equipos de cabecera sobre los usuarios, estando al mismo nivel que otras tecnologías de acceso como VDSL.

### **4. Eficiencia de cada estándar**

Ambos protocolos PON añaden overhead (tráfico no útil) a las tramas del protocolo que encapsulan (IP). EPON es una estándar optimizado para longitud variable de paquete (tramas ethernet de hasta 1518 bytes) según el estándar 802.3 Ethernet. En sistemas PONs ATM (incluido GPON) los datos se transmiten en tramas fijas (celdas) de 53 bytes (48bytes de carga útil y 5 bytes de overhead). Este formato es extremadamente ineficiente para el transporte de tráfico IP cuyos segmentos pueden variar hasta alcanzar tamaños de 64Kbytes.

Los sistemas GPON que transportan tráfico IP deben segmentarlo en tamaños de 48bytes introduciendo la información de segmentación en cabeceras de 5bytes. Este proceso, además de complicado, añade latencia.

Se ha calculado que una encapsulación Ethernet como la que realiza EPON sobre tráfico IP añade una ineficiencia de un 7.42%, mientras que la encapsulación de IP sobre ATM eleva este valor hasta el 13.22%.

Por otro lado, la codificación 8B/10B que realiza EPON y que desperdicia ancho de banda, se convierte en una ventaja a la hora de realizar la conversión electroóptica, puesto que precisa de una electrónica de sincronismo mucho más simplificada y no tan precisa como necesita GPON.

## **5. Sistemas de gestión**

EPON basa su experiencia en sistemas de gestión Ethernet sobre SNMP, mucho más simplificados que los modelos de gestión y mantenimiento de capa 2 de ATM. De esta manera los sistemas de gestión EPON suelen poder integrarse con soluciones que ya dispone el operador, como HPOpenView o similares.

## **6. Encriptación**

GPON utiliza la encriptación definida en ITU estándar. Sin embargo GPON sólo limita la encriptación al canal descendente.

EPON utiliza mecanismos DES para canales ascendentes y descendentes.

## **7. Protección de red**

Ambos protocolos disponen de mecanismos de protección de red específicos de cada implementación por parte del fabricante. Estos mecanismos incluyen protección del tramo de red y del tramo de interconexión con el operador de transporte.

## 2.14 PROCEDIMIENTO DE ENCAPSULACIÓN GEM (GPON ENCAPSULATION METHOD)

Para el transporte de datos, se ha optado por la aplicación de protocolos usados en estándares previos. La norma GPON contempla dos posibilidades referentes a los protocolos de transporte que se pueden utilizar:

- **ATM (Asynchronous Transfer Mode):** utilizado TAMBIÉN por APON y BPON.
- **GEM (GPON Encapsulation Method):** resulta de una adaptación del estándar GFP (Generic Frame Procedure) definido en la recomendación ITU-T G.7041.

Este procedimiento (GFP) proporciona un mecanismo genérico para adaptar el tráfico de señales cliente de nivel superior en una red de transporte. Las señales cliente pueden estar constituidas por unidades de datos de protocolo (PDU) (por ejemplo IP/PPP o Ethernet MAC), o ser un tren de velocidad binaria constante con código de bloque (por ejemplo Canal para fibra o ESCON/SBICON).

Ethernet	IP/PPP	Otras señales de cliente
GFP – Aspectos específicos del cliente (dependientes de la cabida útil)		
GFP – Aspectos comunes (independientes de la cabida útil)		
Trayecto SDH VC-n	Otros trayectos sincronizados en octetos	Trayecto OTN ODUk

Figura 2.16 Aspectos GFP

GFP utiliza una variante del mecanismo de delimitación de trama basado en HEC definido para el modo de transferencia asíncrono (ATM, asynchronous transfer

mode). Se definen dos tipos de tramas GFP: tramas cliente GFP y tramas de control GFP. También soporta un mecanismo de extensión de encabezamiento (de cabida útil) flexible que facilita la adaptación del GFP para su utilización con diversos mecanismos de transporte.

## 2.15 ESTRUCTURA DE SEÑAL BÁSICA PARA LAS TRAMAS CLIENTE GFP

El formato de las tramas GFP se muestra en la figura siguiente. Las tramas GFP están alineadas en octetos y consisten en un encabezamiento principal GFP y, salvo para las tramas Reposo GFP, un área de cabida útil GFP.



Figura 2.17 Encabezamiento principal GFP

### 2.15.1 Encabezamiento Principal GFP

Los cuatro octetos del encabezamiento principal GFP constan de un campo indicador de longitud de PDU, de 16 bits, y un campo control de errores de encabezamiento principal (cHEC), de 16 bits. Este encabezamiento permite una alineación de trama GFP independiente del contenido de las PDU de capa superior.

### 2.15.2 Área de Cabida Útil GFP

El área de cabida útil GFP, que consta de todos los octetos de la trama GFP que se encuentran después del encabezamiento principal GFP, se utiliza para transportar información de protocolo específica de capa superior. En esta área de longitud variable puede haber de 4 a 65 535 octetos.

El área de cabida útil GFP consta de dos componentes comunes: un encabezamiento de cabida útil y un campo de información de cabida útil. También puede haber un campo FCS de cabida útil (pFCS, FCS payload) facultativo.

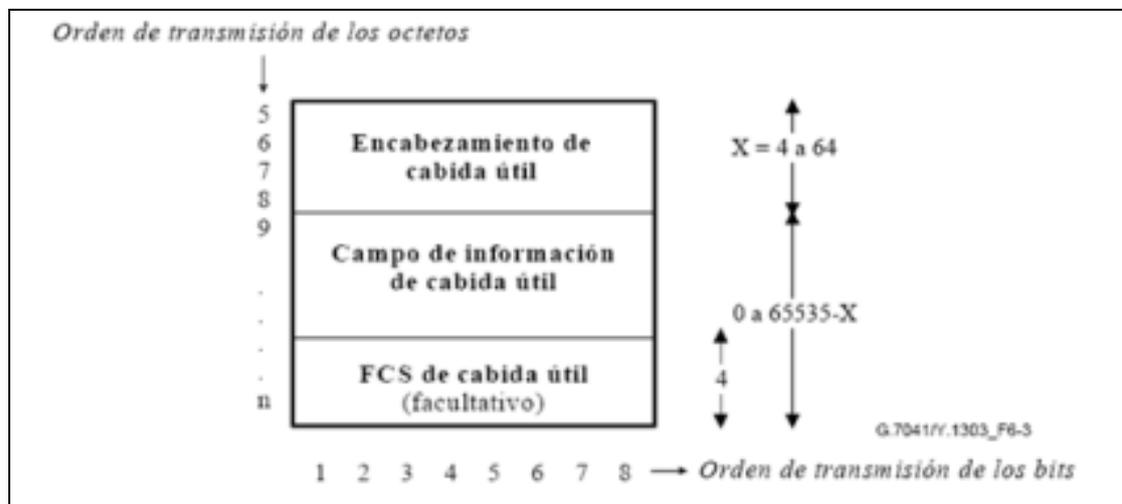


Figura 2.18 Área de cabida útil GFP

Los tamaños de la MTU de GFP, en la práctica, para el área de cabida útil GFP, son específicos de la aplicación. Una implementación debe soportar la transmisión y la recepción de tramas GFP con áreas de cabida útil GFP de 1600 octetos como mínimo. Puede establecerse un acuerdo previo de manera que las implementaciones GFP que lo acepten puedan utilizar otros valores de MTU. Las implementaciones que soporten el canal para fibra con correspondencia de trama, también deben soportar zonas de cabida útil GFP de al menos 2156 octetos.

### **2.15.3 Tramas Cliente GFP**

Actualmente están definidos dos tipos de tramas cliente GFP: de datos cliente y de gestión de cliente. Las tramas de datos cliente GFP se utilizan para transportar datos a partir de la señal cliente. Las tramas de gestión de cliente se utilizan para transportar información sobre la gestión de la señal cliente o la conexión GFP.

### **2.15.4 Trama de Datos Cliente**

Los datos cliente se transportan a través de GFP mediante tramas de datos cliente. Las tramas de datos cliente son tramas cliente GFP formadas por un encabezamiento principal y un área de cabida útil. El campo Tipo de las tramas de datos cliente utiliza los siguientes valores de subcampo Tipo: • PTI = 000; • PFI = según la cabida útil; • EXI = según la cabida útil; • UPI = según la cabida útil. El indicador FCS de cabida útil (PFI) se fijará como proceda, según que FCS esté o no habilitada. El identificador de encabezamiento de extensión (EXI) se fijará según los requisitos de multiplexación de trama y de topología para la conexión GFP. El identificador de cabida útil de usuario se fijará según el tipo de señal cliente transportado. En la figura se indican los valores de UPI definidos para las tramas de datos cliente:

PTI = 000	
Bits de Tipo <7:0>	Área de cabida útil de trama GFP
0000 0000 1111 1111	Reservado y no disponible
0000 0001	Ethernet con correspondencia de trama
0000 0010	PPP con correspondencia de trama
0000 0011	Canal para fibra transparente

PTI = 000	
Bits de Tipo <7:0>	Área de cabida útil de trama GFP
0000 0100	FICON transparente
0000 0101	ESCON transparente
0000 0110	Gb Ethernet transparente
0000 0111	Reservado para uso futuro
0000 1000	Protocolo de acceso múltiple con correspondencia de trama a través de SDH (MAPOS)
0000 1001	DVB ASI transparente
0000 1010	Anillo de paquetes resistente IEEE 802.17 con correspondencia de trama
0000 1011	Canal para fibra con correspondencia de trama FC-BBW
0000 1100	Canal para fibra transparente asíncrono
0000 1101 a	Reservados para normalización futura
1110 1111	
1111 0000 a	Reservados para uso privado (nota)
1111 1110	

NOTA - La utilización de valores de código propietarios se describe en el anexo A/G.806

Figura 2.19 Los valores de UPI definidos para las tramas de datos cliente

### 2.15.5 Tramas de Gestión de Cliente GFP

Las tramas de gestión de cliente proporcionan un mecanismo genérico para el proceso de adaptación de fuente específico de cliente GFP, para el envío facultativo de tramas de gestión de cliente al proceso de adaptación de sumidero, específico de cliente GFP. Las tramas de gestión de cliente son tramas cliente GFP formadas por un encabezamiento principal y un área de cabida útil. El campo Tipo de las tramas de datos cliente utiliza los siguientes valores de subcampo

Tipo:

- PTI = 100;
- PFI = según la cabida útil;
- EXI = según la cabida útil;
- UPI = según la cabida útil.

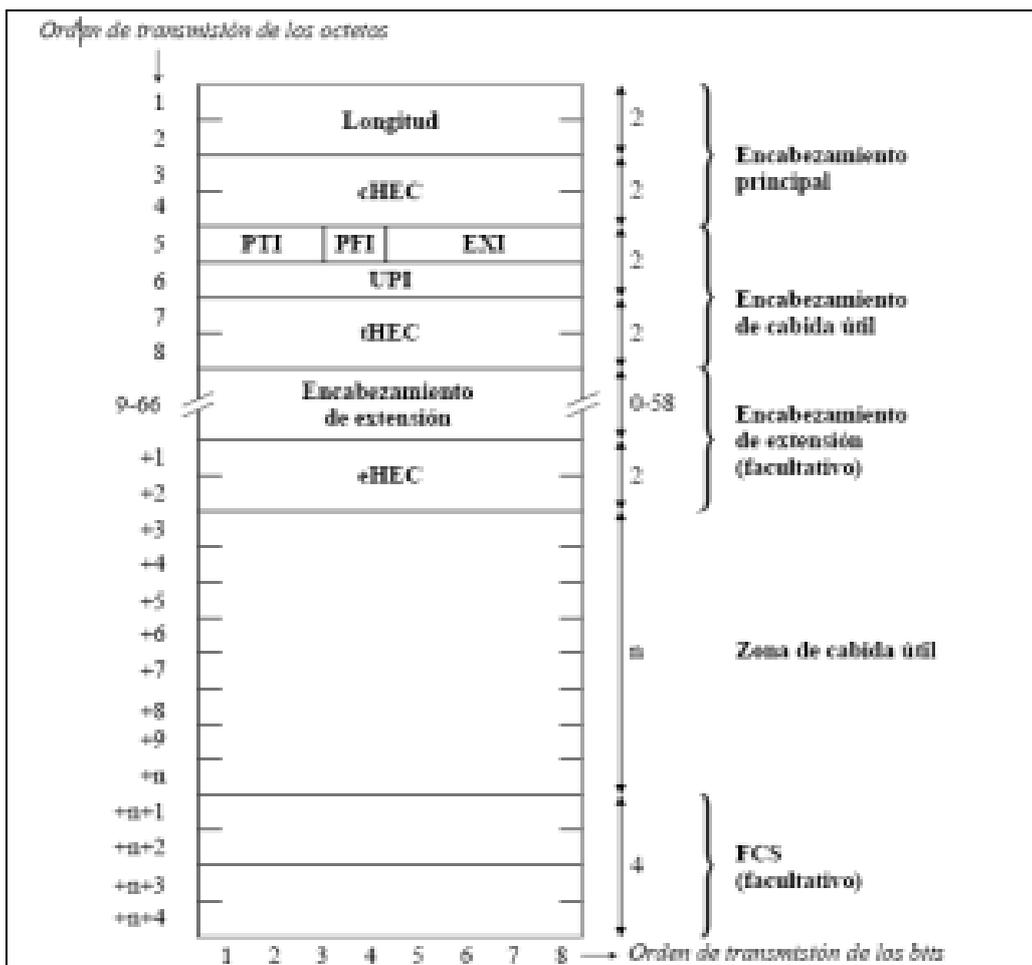


Figura 2.20 Tramas de gestión de cliente GFP

### 2.15.6 Tramas de Control GFP

Las tramas de control GFP se utilizan en la gestión de la conexión GFP. La única trama de control especificada hasta el momento es la trama Reposo GFP.

### 2.15.7 Trama Reposo GFP

La trama Reposo GFP es una trama especial de control GFP de cuatro octetos formada solamente por un encabezamiento principal GFP con los campos PLI y CHEC puestos a 0, sin área de cabida útil. La trama Reposo sirve de trama de relleno para el proceso de adaptación de fuente GFP, con el fin de facilitar la adaptación del tren de octetos GFP a cualquier medio de transporte dado cuando el canal del medio de transporte tenga una capacidad mayor que la requerida para la señal cliente. El formato de la trama Reposo GFP, entre paréntesis se indican los valores que se obtienen después de la aleatorización similar a la de Barker.

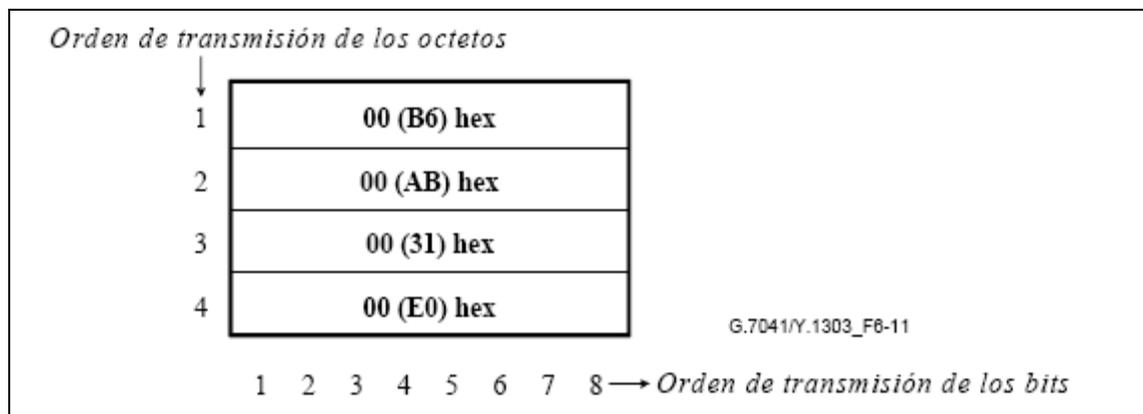


Figura 2.21 Trama Reposo GFP

## 2.16 ASPECTOS ESPECÍFICOS DE LA CABIDA ÚTIL PARA GFP CON CORRESPONDENCIA DE TRAMA

### 2.16.1 Cabida Útil de MAC de Ethernet

El formato de las tramas MAC de Ethernet existe una correspondencia biunívoca entre una PDU de capa superior y una PDU de GFP. Específicamente, las demarcaciones de la PDU de GFP están alineadas con demarcaciones de las PDU de la capa superior entramadas.

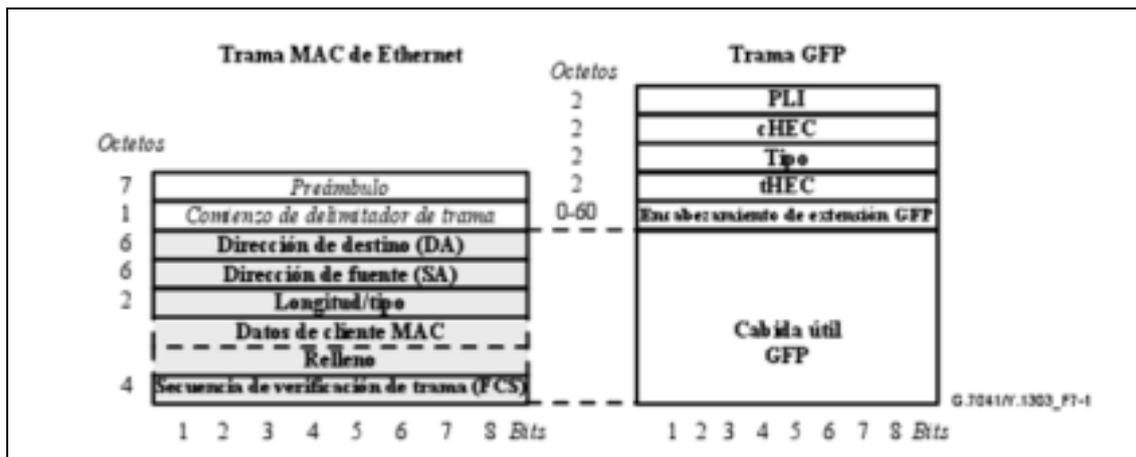


Figura 2.22 Cabida útil de MAC de Ethernet

### 2.16.2 Encapsulado de MAC Ethernet

Los octetos MAC de Ethernet, desde la dirección de destino hasta la secuencia de verificación de trama, inclusive, se colocan en el campo de Información de cabida útil de GFP. Se mantiene la división en octetos y la identificación de los bits dentro de los octetos. Específicamente, sobre una base octeto por octeto, los bits 0 y 7 en la cláusula 3 de IEEE 802.3-2002 corresponden a los bits 8 y 1, respectivamente, en esta Recomendación de GFP.

### 2.16.3 Cabida Útil IP/PPP

Las cabidas útiles IP/PPP se encapsulan primeramente en una trama similar a la trama HDLC. El formato de una trama PPP se define en la sección 2 de IETF RFC 1661. El formato de la trama similar a la trama HDLC se define en la sección 3 de IETF RFC 1662. A diferencia de IETF RFC 1662, no se ejecuta ningún procedimiento de relleno de octetos sobre caracteres de bandera o de escape de control. Existe una correspondencia biunívoca entre una PDU de PPP/HDLC de capa superior y una PDU de GFP. Específicamente, las demarcaciones de la PDU de GFP están alineadas con demarcaciones de las PDU de PPP/HDLC de capa superior entramadas.



información de cabida útil de la trama GFP. La alineación de los octetos y la identificación de los bits en los octetos se mantienen en la PDU GFP. La construcción del encabezamiento BBW y de la cabida útil de mensaje BBW (si existe) de las PDU FC-BBW\_SONET se especifica en ANSI INCITS 342-2001.

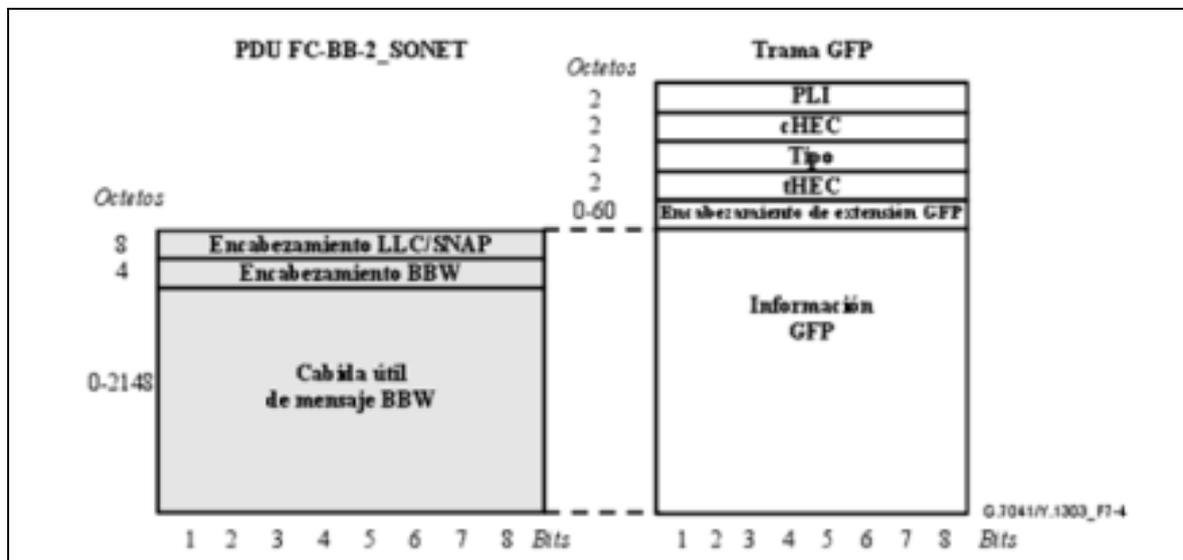


Figura 2.24 Encapsulado de PDU FC-BB-2\_SONET

Sin embargo, los fabricantes se han decantado por implementar solamente la solución GEM. Con GEM, todo el tráfico es mapeado a través de la red con una variante de SONET/SDH y soporta un transporte nativo de video, voz y datos sin encapsulamiento IP ni ATM.

GPON Encapsulation Method es un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. Al ser una adaptación de GFP con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON no sólo ofrece mayor ancho de banda, sino también más eficiencia y la posibilidad de permitir a las redes continuar ofreciendo sus servicios tradicionales sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes.

En el protocolo GEM el tráfico se transporta mediante el protocolo de convergencia de transmisión GPON GTC (GPON Transmission Convergence) de forma transparente. En sentido ascendente, es decir, desde la OLT hacia la ONU, se utiliza una partición de cabida útil GEM. La estación OLT atribuye la duración

que se necesite en sentido descendente, hasta incluir toda la trama descendente. La subcapa de entramado de la ONU filtra las tramas entrantes en base al identificador de puertos (Port-ID) entregando las tramas adecuadas al cliente GEM de la ONU adecuada.

El adaptador OMCI del equipo ONU es el responsable del filtrado y encapsulado de células o tramas en sentido descendente y la encapsulación de las unidades de datos de protocolo PDU (Protocol Data Unit) en sentido ascendente. De manera anexa, el adaptador OMCI de la estación realiza el filtrado y desencapsulado de las células y las tramas en sentido ascendente. También es el responsable de encapsular las PDU de 48 bytes procedentes de la lógica de control OMCI en el formato adecuado para su transporte hacia la ONU.

## **2.17 SEGURIDAD**

### **2.17.1 FEC (Forward Error Correction)**

Es un sistema de control de errores para la transmisión de datos, mediante el cual el emisor añade datos redundantes a sus mensajes, generalmente conocido como código de corrección de errores. Permite al receptor detectar y corregir errores sin necesidad de pedir al emisor datos adicionales.

La posibilidad de corregir errores se consigue añadiendo al mensaje original unos bits de redundancia. La fuente digital envía la secuencia de datos al codificador, encargado de añadir dichos bits de redundancia. A la salida del codificador obtenemos la denominada palabra código. Esta palabra código es enviada al receptor y éste, mediante el decodificador adecuado y aplicando los algoritmos de corrección de errores, obtendrá la secuencia de datos original. Los dos principales tipos de codificación usados son:

*Códigos bloque:* la paridad en el codificador se introduce mediante un algoritmo algebraico aplicado a un bloque de bits. El decodificador aplica el algoritmo inverso para poder identificar y, posteriormente corregir los errores introducidos en la transmisión.

*Códigos convolucionales:* los bits se van codificando tal y como van llegando al codificador. Cabe destacar que la codificación de uno de los bits está enormemente influenciada por la de sus predecesores. La decodificación para este tipo de código es compleja ya que en principio, es necesaria una gran cantidad de memoria para estimar la secuencia de datos más probable para los bits recibidos. En la actualidad se utiliza para decodificar este tipo de códigos algoritmo de Viterbi, por su gran eficiencia en el consumo de recursos.

FEC reduce el número de transmisiones de errores, así como los requisitos de potencia de los sistemas de comunicación e incrementa la efectividad de los mismos evitando la necesidad del reenvío de los mensajes dañados durante la transmisión.

En general incluir un número mayor de bits de redundancia supone una mayor capacidad para corregir errores. Sin embargo este hecho incrementa notablemente tanto el régimen binario de transmisión, como el retardo en la recepción del mensaje.

### **2.17.2 AES (Advanced Encryption Standar)**

Advanced Encryption Standar (AES), conocido también como Rijndael, es un bloque de cifrado adoptado como un estándar por el gobierno de los EE.UU., ampliamente analizado y que en la actualidad se utiliza en todo el mundo.

AES no es precisamente Rijndael aunque en la práctica se le asocia de manera similar. El método AES tiene un tamaño de bloque fijo de 128 bits y un tamaño de clave de 128, 192, o 256 bits. El sistema AES opera en una matriz de 4 x 4 bytes, denominado matriz de estados o state, la mayoría de cálculos AES se realizan en un campo finito.

El cifrado AES se especifica en términos de repeticiones de los pasos de procesamiento que se aplican para compensar las rondas en función de las transformaciones entre la entrada de texto y el resultado final del cifrado. Una

serie de rutinas se aplican para transformar el sistema de cifrado de texto final al original, utilizando la misma clave de cifrado.

Para el cifrado, cada rutina o ronda de la aplicación del algoritmo AES (excepto la última) consiste en cuatro pasos:

1. **SubBytes:** en este paso se realiza una sustitución no lineal donde cada byte es remplazado con otro de acuerdo a una tabla de búsqueda.

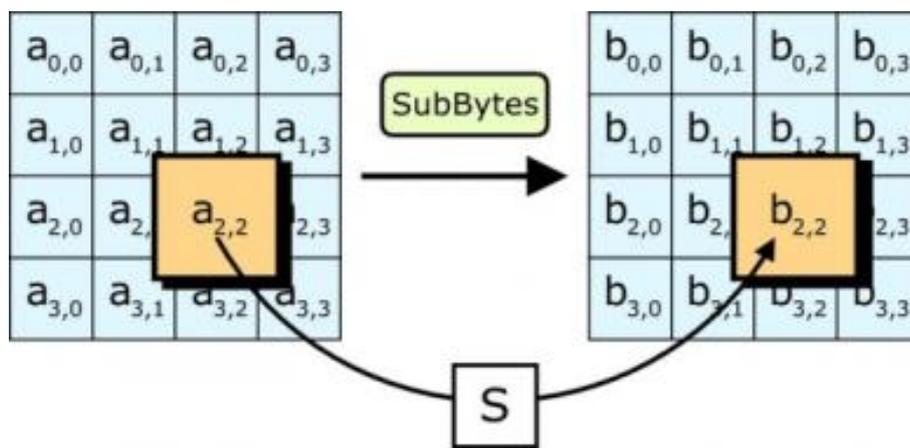


Figura 2.25 SubBytes

2. **ShiftRows:** en este paso se realiza una transposición donde cada fila del estado es rotada de manera cíclica un número determinado de veces.

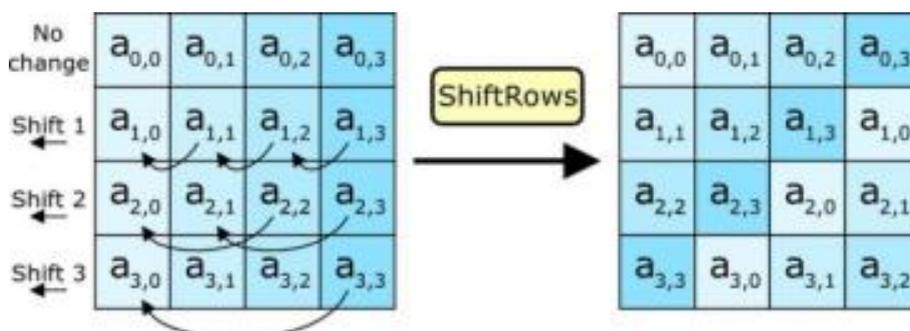


Figura 2.26 ShiftRows

3. **MixColumns:** operación de mezclado que opera en las columnas del estado, combinando los cuatro bytes en cada columna usando una transformación lineal.

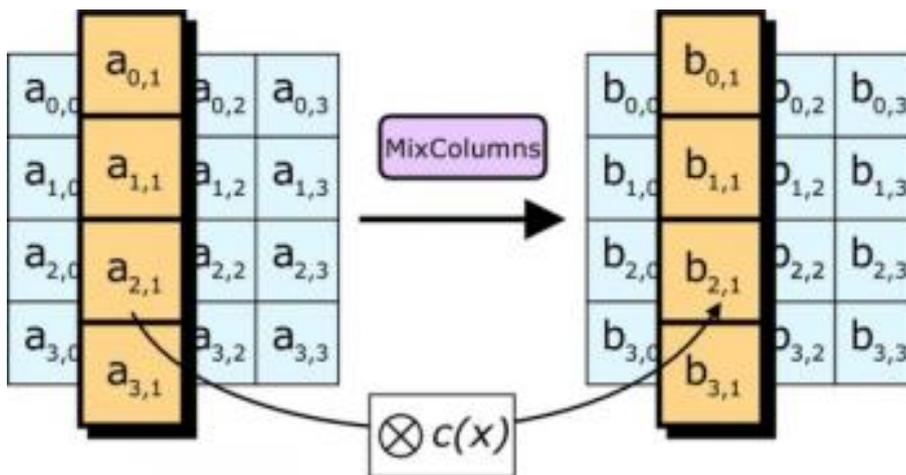


Figura 2.27 MixColumns

4. **AddRoundKey:** cada byte del estado es combinado con la clave round; cada clave round se deriva de la clave de cifrado usando una iteración de la clave.

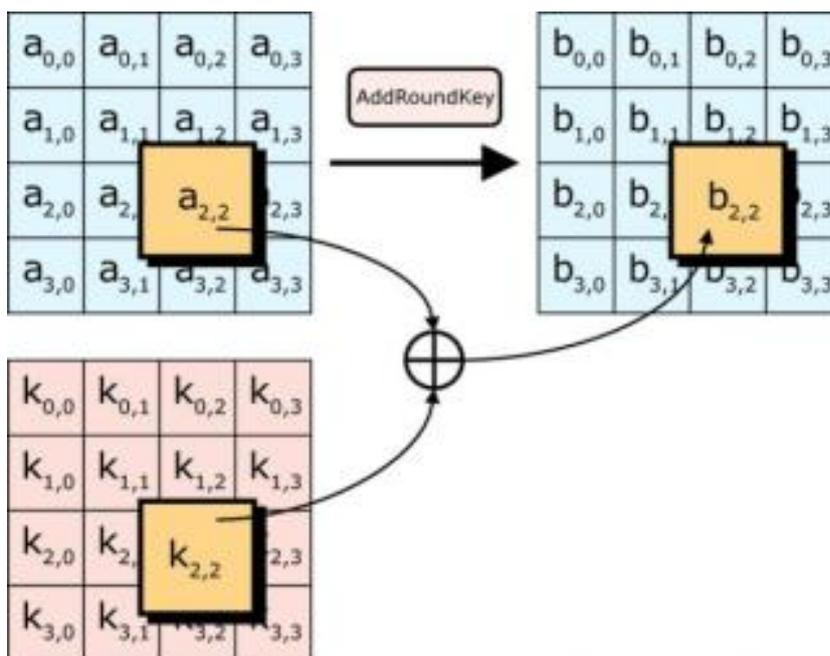


Figura 2.28 AddRoundKey

### 2.18 DERIVADOS GPON

A continuación se muestra una figura de las posibles evoluciones de la tecnología GPON según *Telefónica*:

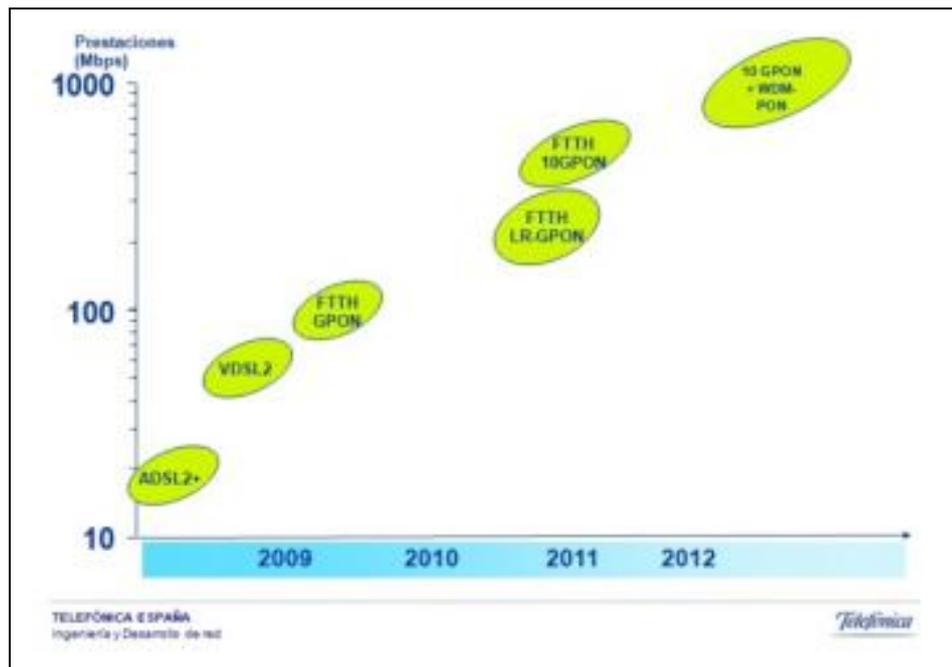


Figura 2.29 Evolución de la tecnología Gpon

En ella podemos encontrar el estándar que se ha estado utilizando desde el 2009, el FTTH GPON y cómo se pretende evolucionar al FTTH 10GPON y al FTTH LR-GPON:

- **FTTH 10GPON:** También llamado XG-PON, es un tipo de tecnología la cual soportará hasta 10 Gbps de descarga y 2,4 Gbps de subida. Este estándar se espera que sea aprobado por la ITU a mediados de 2010. A pesar de que se espera que los despliegues de 10G GPON sean una realidad dentro de unos cuantos años, resulta crucial para la industria demostrar que al día de hoy la tecnología 10G GPON es el camino adecuado para seguir adelante con las actuales redes GPON que están evolucionando, al lograr que coexista con su antecesora, la tecnología 2.5G. Alcatel-Lucent obtuvo un premio otorgado por el consejo FTTH a la innovación con su prototipo de 10G.
- **FTTH LR-GPON:** El estándar LR-GPON (*Long Reach*) son redes de largo alcance, las cuales tienen una recuperación frente a fallos realmente rápida, el 96% de los fallos se recuperan en 50 ns.

- Más adelante, sobre el año 2012, se pretende hacer una fusión entre 10GPON y WDM-PON. El estándar WDM-PON (*Wave Division Multiplexing Passive Optical Network*) lo que pretende es evitar atascos que pueden ser producidos por ejemplo en la demanda de vídeos en alta definición, ya que se requiere un gran ancho de banda. Este estándar lo que hace es dividir una única fibra óptica en varias longitudes de onda y que cada una lleve el mismo ancho de banda evitando de esa manera retrasos a la hora de la carga.

## 2.19 LAS REDES GPON Y EL BUDGET ÓPTICO

Las redes GPON, según su definición en el standard ITU-T G.984, tienen un alcance de 20Km y un número de usuarios de 64. Sin embargo, el estándar está preparado para **prolongar las redes GPON hasta un máximo de 60Km y aumentar el número de usuarios hasta 128**. Sin embargo, la principal limitación en el despliegue de las redes GPON está en su propia arquitectura de red punto-multipunto.

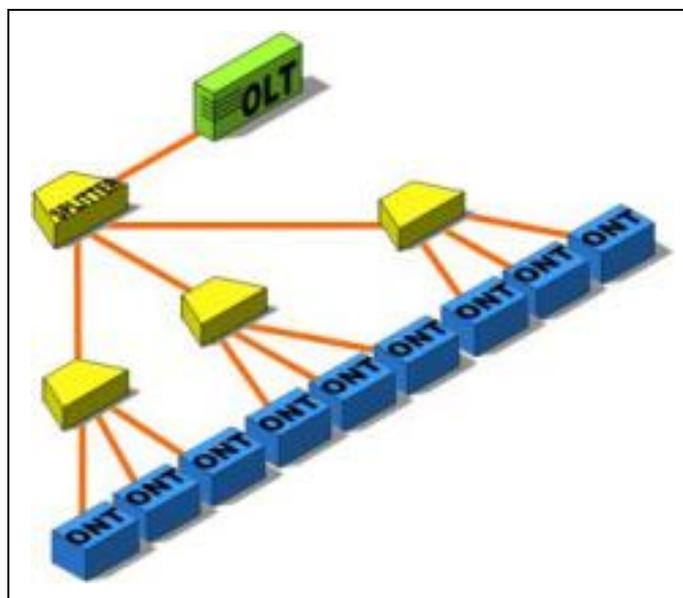


Figura 2.30 GPON Arquitectura red punto-multipunto

La división de la señal de la central a los usuarios se hace a través de splitters ópticos pasivos que dividen la señal entrante de entre 64 fibras diferentes. **Al ser pasivos y no existir amplificación** de la señal de ningún tipo, la potencia de la

señal en cada una de las salidas será de 1/64 de la potencia recibida, lo que aplica una gran atenuación a la señal (en torno a los -18.5 dB).

Además del grado de splitting, la distancia a la que se encuentran los usuarios finales de la central aplica también una atenuación de la señal. 20Km de distancia pueden suponer - 6.5 dB. Esto, unido a las conectorizaciones hace que la señal llegue muy débil a los usuarios.

Por ello, normalmente en las redes GPON se debe buscar un equilibrio entre la distancia entre la central y la casa del usuario y el grado de splitting. Esto es lo que se denomina “budget óptico” y es lo que va a permitir asegurar que los usuarios reciben una potencia de señal suficiente como para asegurar la calidad del servicio en una red GPON.

## **2.20 ESCENARIOS PARA LA REGENERACIÓN DE LA SEÑAL GPON**

GPON-Extender es un repetidor optoelectrónico que permite, mediante muestreo, regenerar la señal GPON y volver a emitirla de nuevo con la potencia original. Esto puede hacerse gracias a que, a diferencia de los splitters ópticos, es un elemento activo, y puede regenerar, amplificar y emitir la señal que recibe atenuada en una red GPON.

Esto puede utilizarse para eliminar las restricciones a las que nos limita el budget óptico tanto en distancia como en número de usuarios de una red:

## **2.21 EXTENDIENDO UNA RED GPON DE 20KM A 60KM**

Hay ocasiones en las que se quiere dar cobertura a una zona residencial o una zona rural que está ubicada a más de 20 kilómetros de la central más cercana donde se puede colocar una OLT. Mediante la regeneración de la señal GPON, podemos extender la longitud de una red GPON para llegar a estos puntos, llegando a una distancia de hasta 60 Km eliminando la atenuación debida a distancia.

Estos 60 Km son la distancia lógica máxima que puede haber en una red GPON entre la OLT y la ONT más lejana, y puede ser conseguida mediante la concatenación de varios GPON-Extender, ya que cada uno de los equipos permite extender la red aproximadamente unos 20Km, dependiendo siempre de las características particulares de cada enlace.

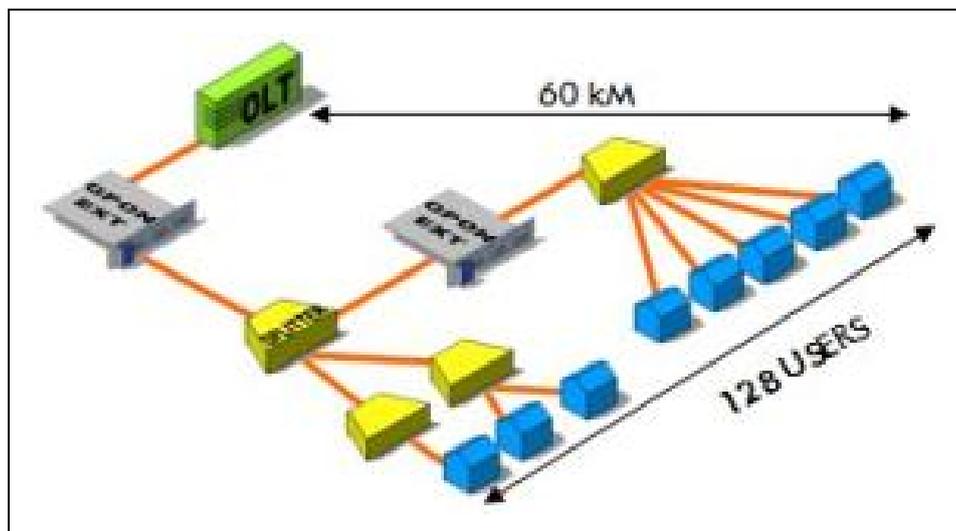


Figura 2.31 Modelo de despliegue

En este modelo de despliegue, ampliamos la distancia a la que se encuentran los hogares de los usuarios hasta 60Km de la central, lo que nos permite abaratar tanto el CAPEX como el OPEX, al eliminar una, de otro modo necesario, OLT más cercana a la zona de despliegue.

Si fuese necesario, se podrían encadenar varios equipos GPON-Extender para conseguir la distancia deseada y la potencia de señal adecuada para el número de usuarios y nivel de splitting posterior.

## 2.22 AMPLIANDO EL NÚMERO DE USUARIOS DE UNA RED GPON DE 64 A 128

En el siguiente caso de estudio, supongamos una red GPON en la que queremos dar servicio a 128 usuarios. Esto implicaría que después de pasar por los splitters pasivos, la señal tendría una potencia de  $1/128$  veces la potencia emitida por la OLT, sin contar con la atenuación añadida por distancia ni por conectorización.

En este escenario, se puede colocar un regenerador GPON-Extender después del primer nivel de splitting en una o varias de las ramas de la red, regenerando y amplificando la señal totalmente y permitiendo de esta forma que éstas puedan a su vez volver a dividirse en otras ramas, cada una en un nuevo nivel de división óptica y llegando de esta manera hasta los 128 usuarios para los que está preparado el estándar.

De esta manera conseguimos maximizar la inversión utilizando al máximo la red al dar cobertura y servicio al número máximo de usuarios que puede soportar el protocolo ITU-T G.984, dado que de otra forma, el número de usuarios a los que se puede dar servicio estaría limitado por el budget óptico, teniendo que buscar otras soluciones para dar de alta nuevos posibles usuarios en el área de la red GPON.

### **2.23 EXTENDIENDO LAS RAMAS DE UNA GPON**

Hay ocasiones en las que se quiera dar cobertura a una nueva zona residencial cercana a una en la que ya existe una red GPON implantada y en la que se pueden añadir usuarios. Sin embargo la nueva zona no es lo suficientemente grande como para resultar rentable desplegar una nueva red GPON para esta zona.

En estos casos, no haría falta instalar una nueva OLT cerca de la nueva comunidad, sino que, si las distancias lo permiten y el número de usuarios disponibles es suficiente, podemos utilizar una rama de la GPON ya desplegada para, a través de GPON-Extender, prolongar la rama y crear un nuevo nivel de splitting que de servicio a la nueva comunidad que queremos incluir en la red GPON.

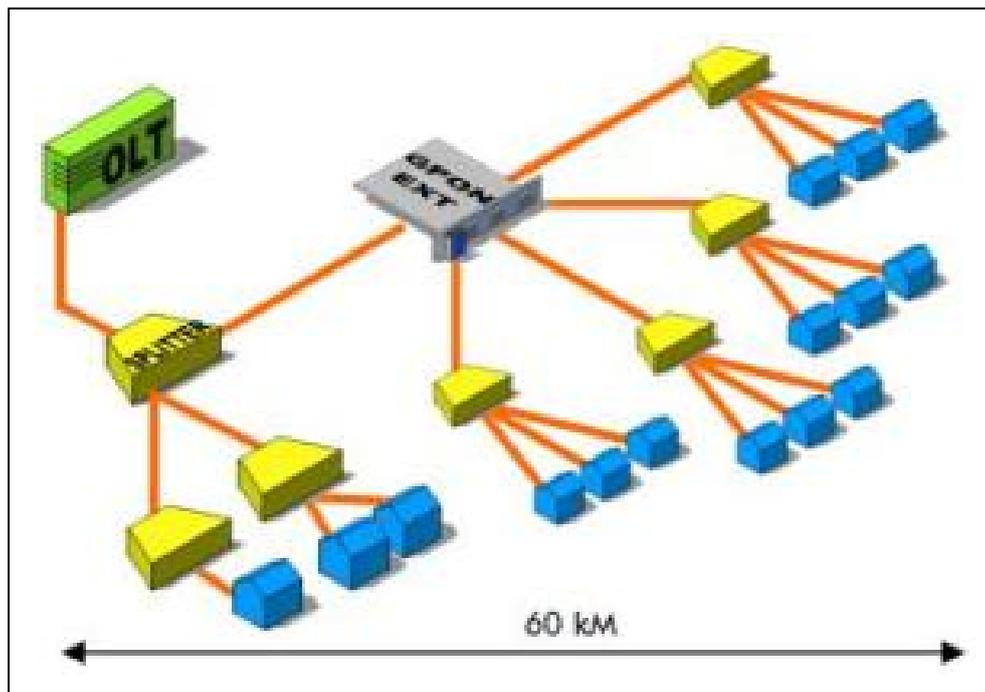


Figura 2.32 Modelo para abaratamiento de costos

De esta manera se abarata considerablemente el coste de despliegue y de operación en la nueva zona a cubrir, a la vez que permite amortizar y maximizar la inversión previamente realizada en el despliegue de la red GPON existente, al utilizar su infraestructura para dar servicio a la nueva comunidad.

## 2.24 AMPLIFICACIÓN DE LA SEÑAL 1550NM

Aquellos operadores que multiplexen las señales digitales GPON (1490nm – descendente - y 1310nm –ascendente-) con portadoras analógicas y/o digitales en la lambda de 1550nm, pueden utilizar el **bloque (opcional) de ganancia EDFA integrado en GPON Extender**. Este módulo, se añade a la configuración básica y amplifica ópticamente la tercera lambda sin alterar los valores de las señales GPON.

Un banco de filtros ópticos a la entrada y a la salida del bloque EDFA garantizan una ganancia de hasta 20dB en la portadora de 1550nm con un bajo factor de ruido ( $NF < 5dB$ ).

### 2.25 REDES GPON ACTUALES

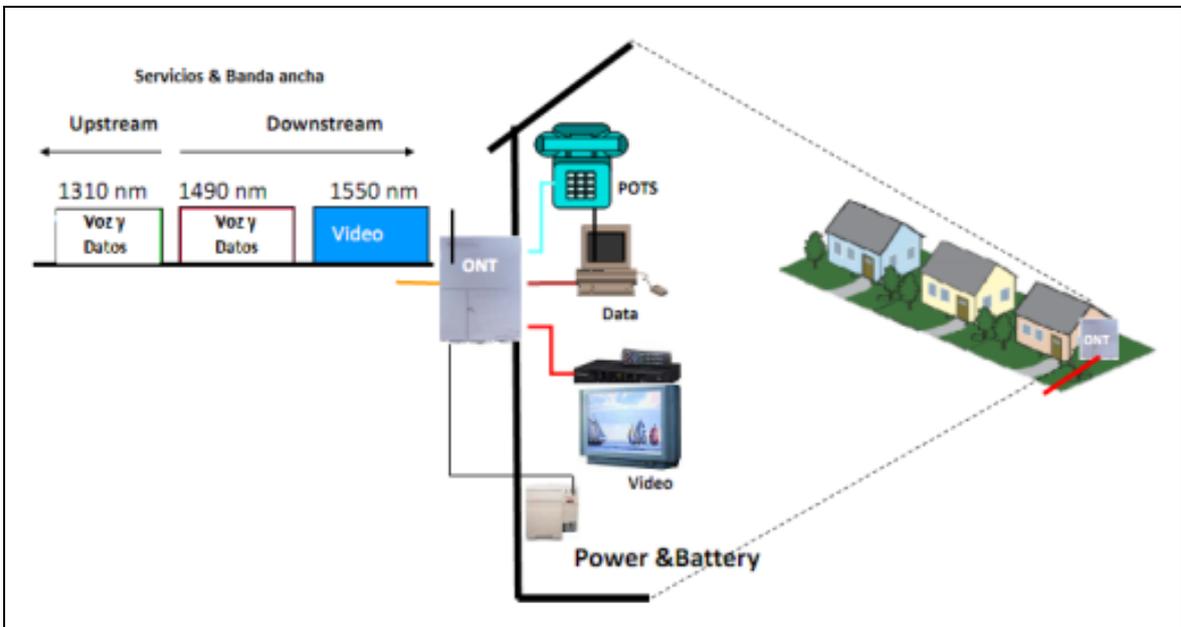
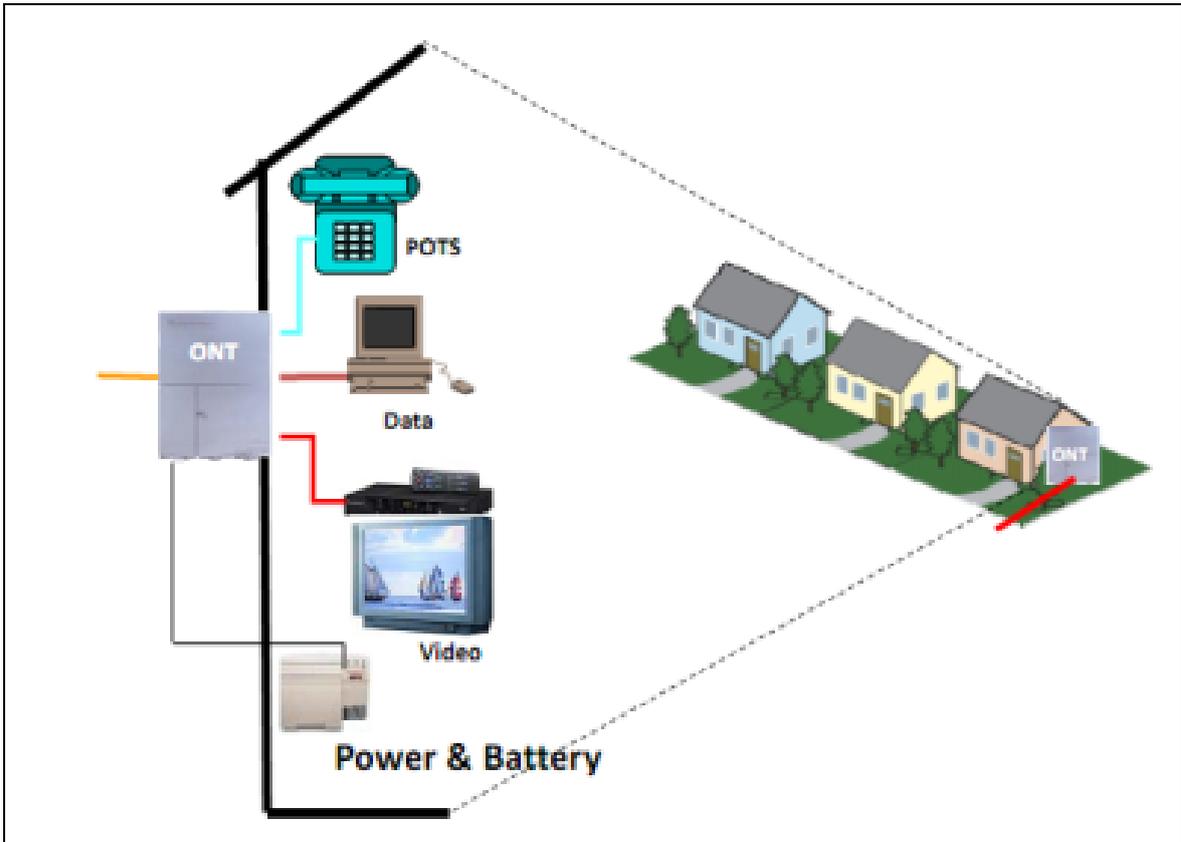


Figura 2.33 Vista de tipos de conexiones

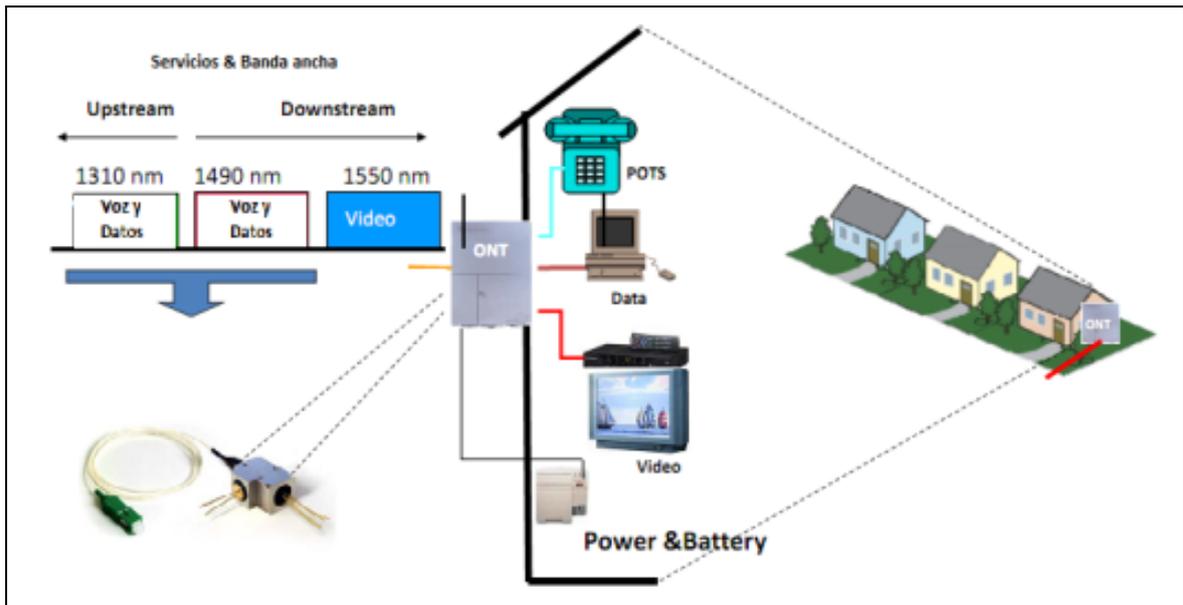


Figura 2.34 Vista de tipos de conexiones

Este capítulo se encuentra desarrollado en base a varios documentos en los que se ha encontrado argumentos confiables y veraces en lo que se refiere a tecnología GPON.<sup>80</sup>

<sup>80</sup> [www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php], [http://es.wikitel.info/wiki/UA-Redes], [www.tutorialesenlared.com], [http://es.wikipedia.org/wiki/GPON]

## CAPITULO 3

### 3 DISEÑO DE LA RED GPON

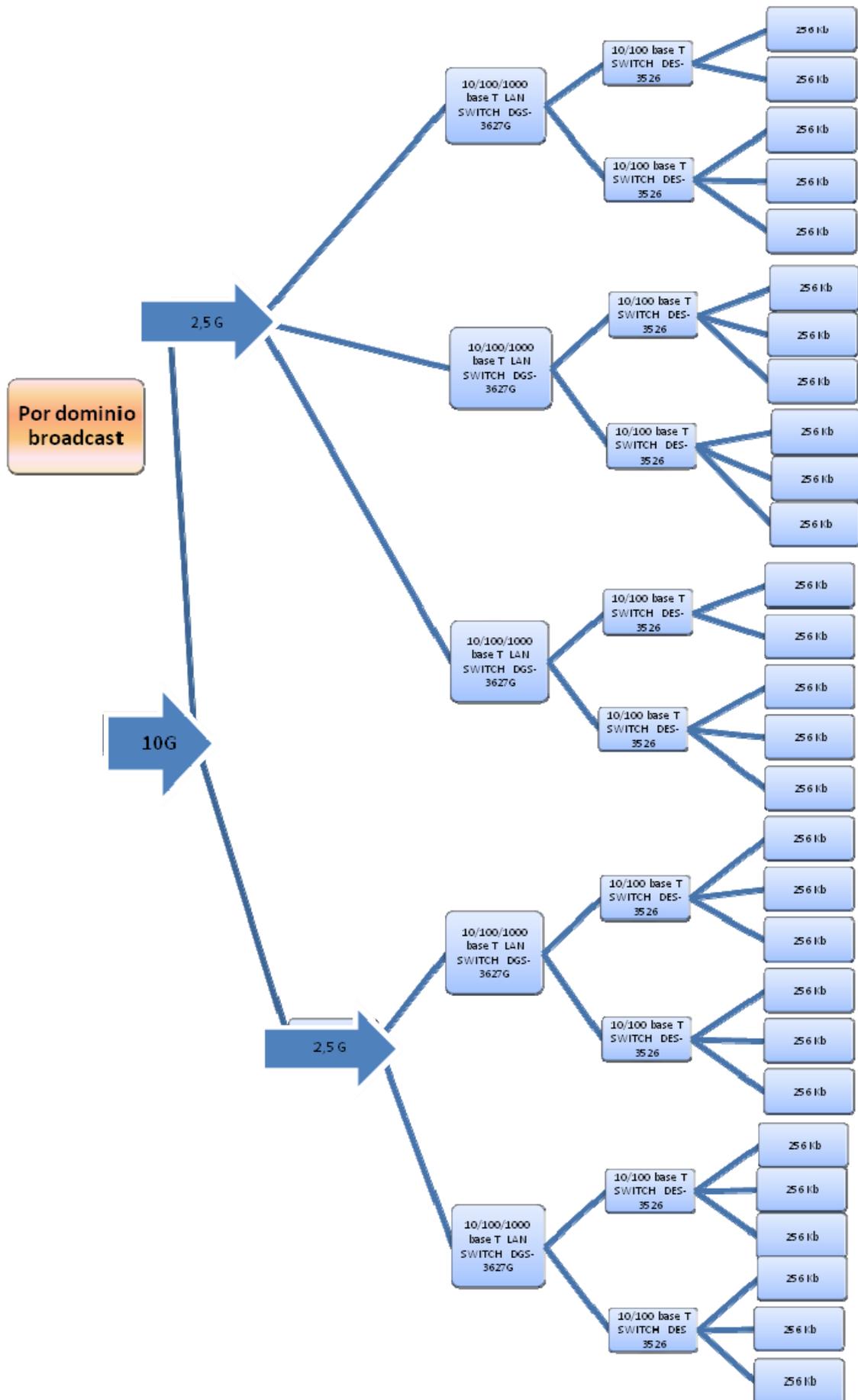
#### 3.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED GPON, EN LA RED EXISTENTE DE LA EMPRESA FIX GROUP EN EL EDIFICIO LIBERTADOR

##### 3.1.1 Diagrama Lógico Genérico de la Red

En el siguiente diagrama lógico se pone a consideración los diferentes elementos que se utilizara en la red GPON enfocándose al Edificio Libertador, como principal cliente de las empresas FIX GROUP.

Se puede observar en el siguiente diagrama la representación y la ubicación de los equipos principales ubicados en el cuarto de control del segundo piso. Del cual se reparten para los switches ubicados en los pisos impares del edificio Libertador





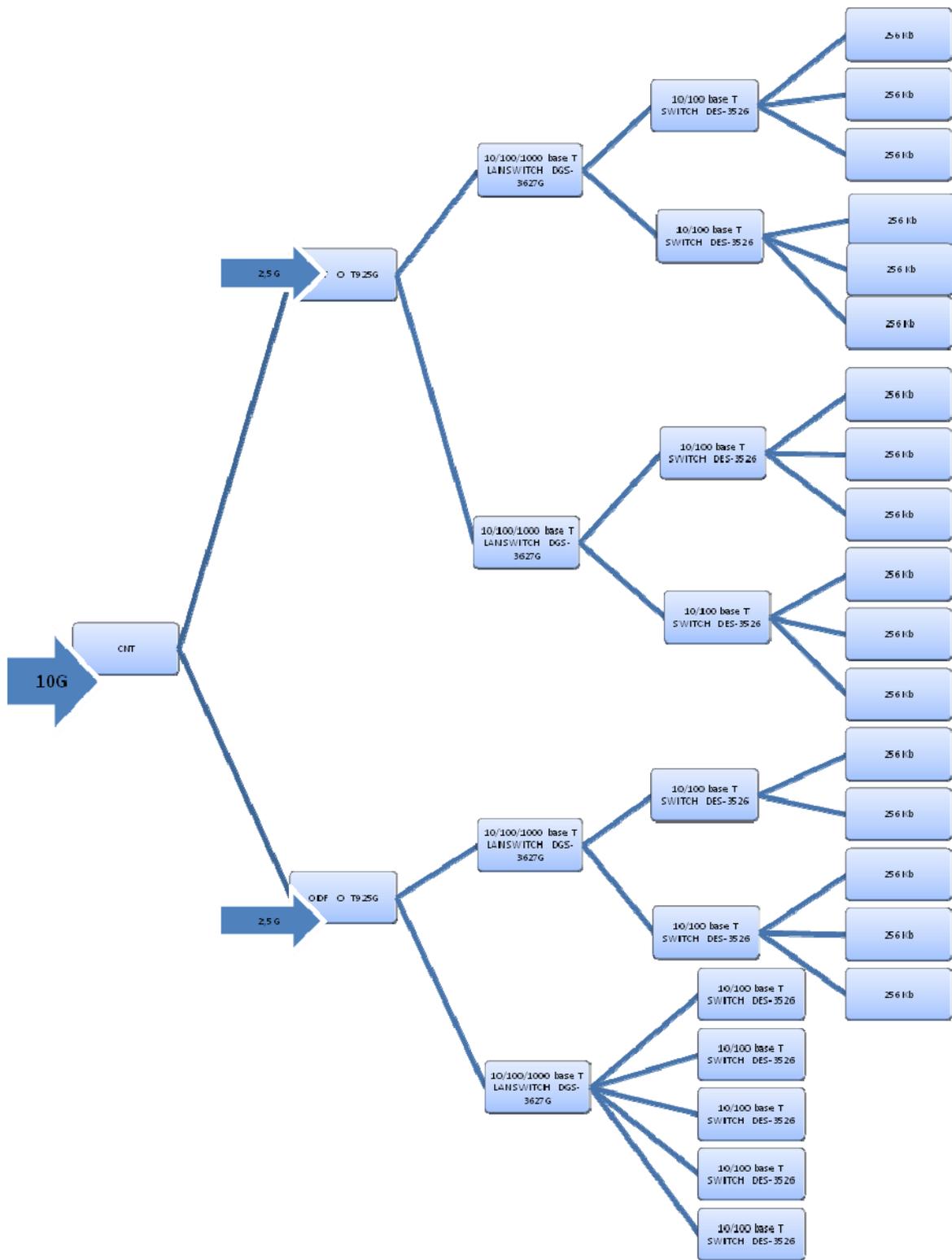


Figura 3.35 Diagrama lógico genérico de la red

### 3.1.2 Esquema Físico de la Red

Gpon permite proveer servicios en un rango nominal máximo de 20km, por lo que el edificio Libertador en el parque La Carolina esta dentro del rango de cobertura, este esquema arquitectónico se encuentra elaborado en autocad y se denominara ANEXO 1y para argumentar la este esquema a continuación se presentan fotografías reales de la ubicación de los equipos usados para la implementación de dicha red.

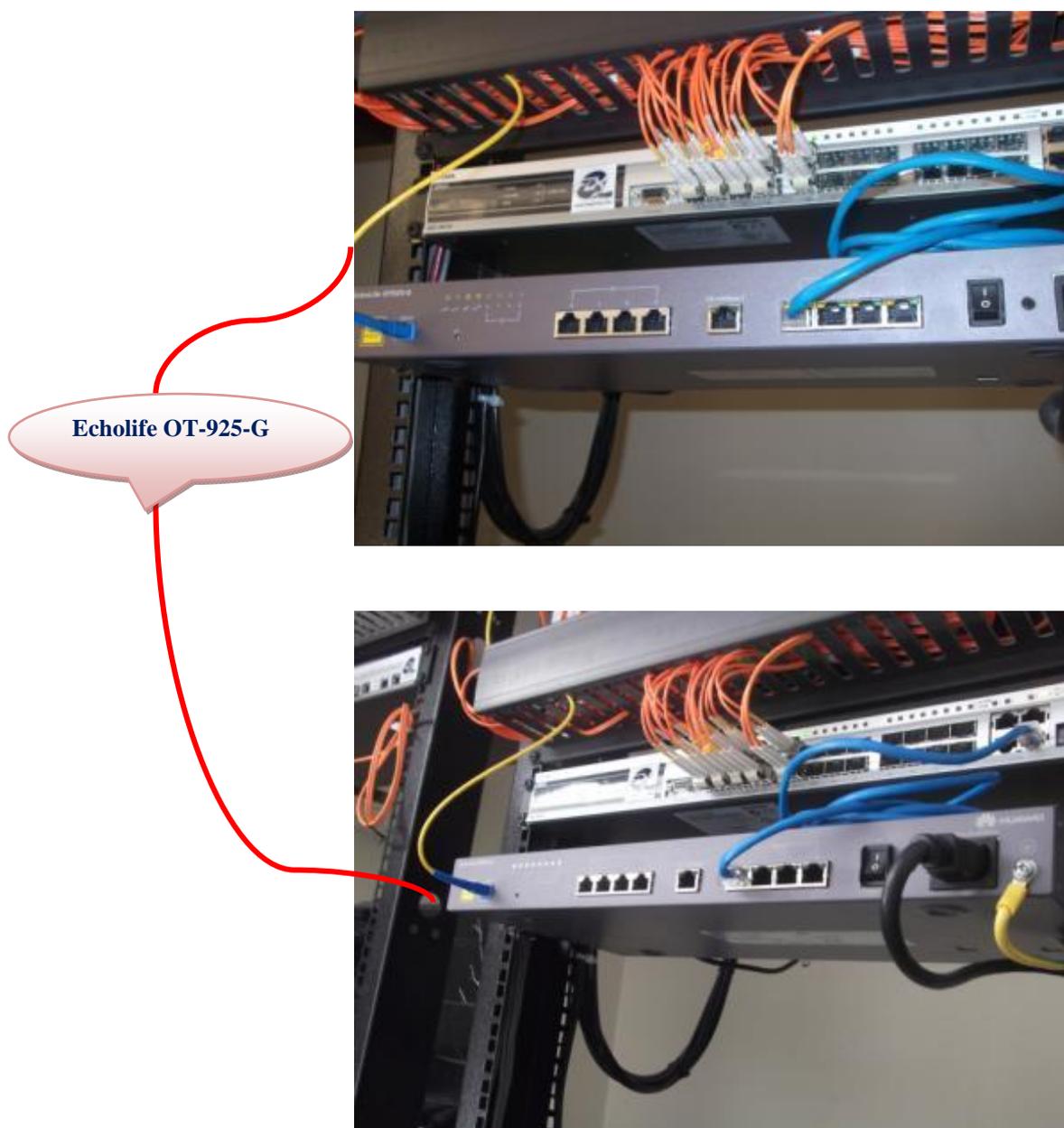
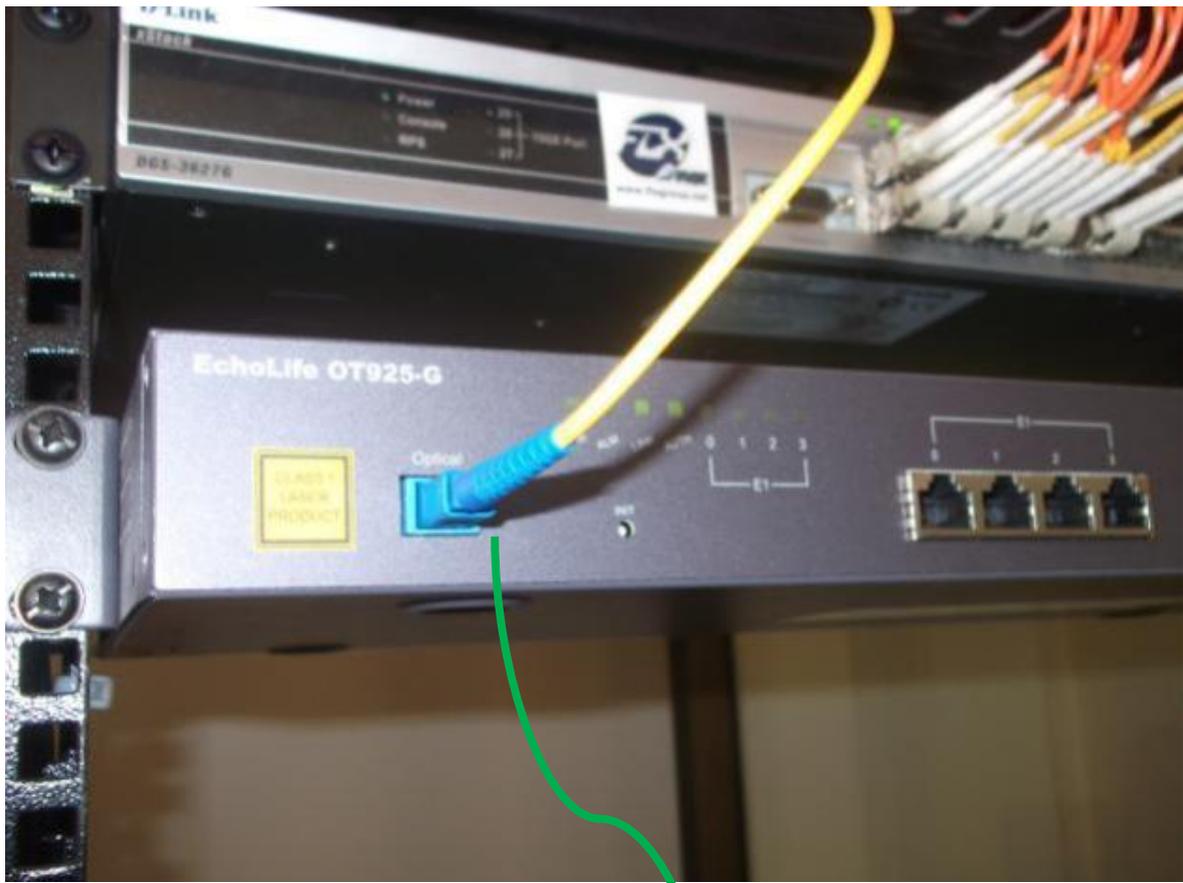


Figura 3.36 Vista Frontal de la ubicación del Gpon



Cable que conecta la  
fibra óptica con el GPON

Figura 3.37 GPON OT925-G

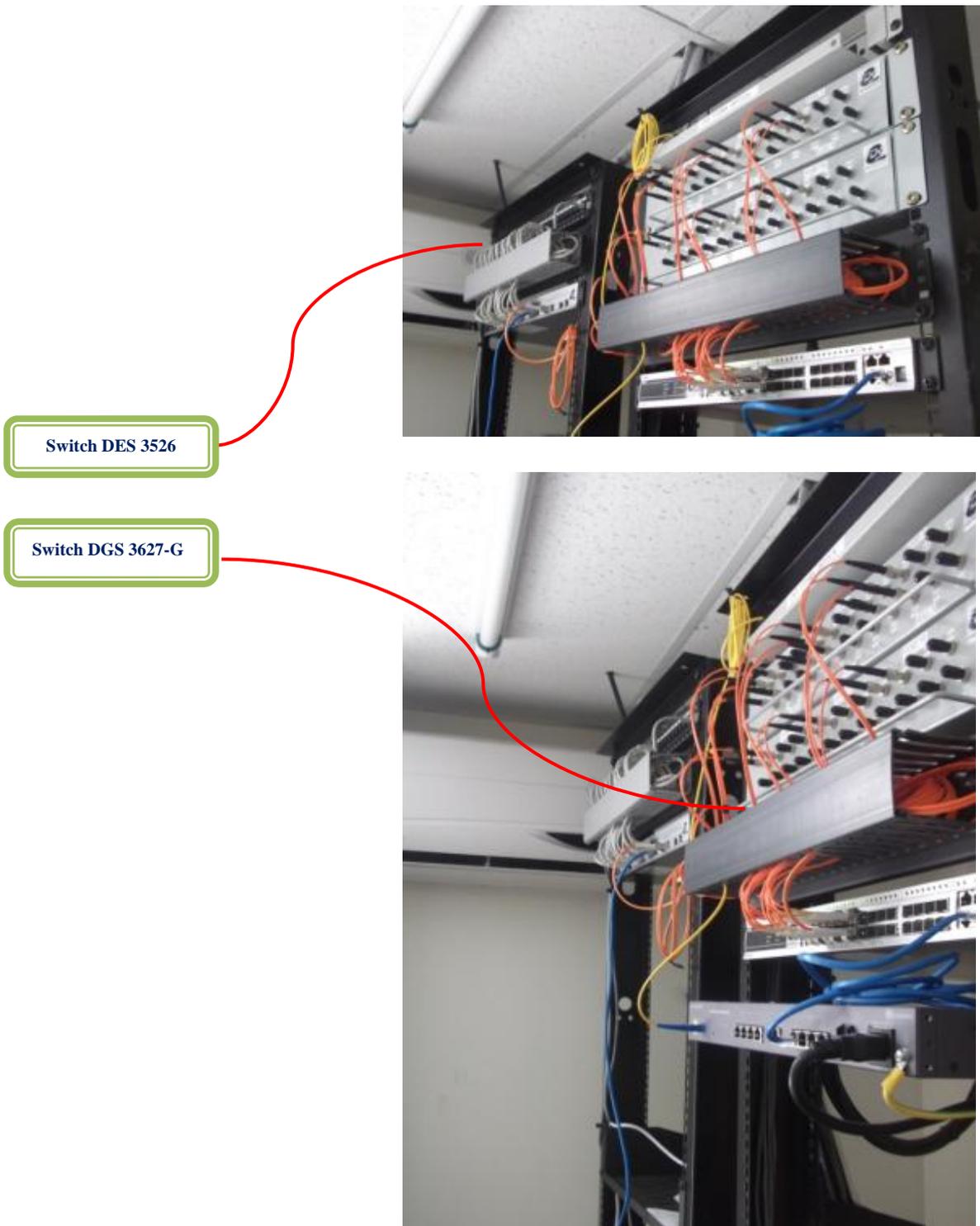


Figura 3.38 Vistas lateral de los Switch DGS 3627G – DES 3526

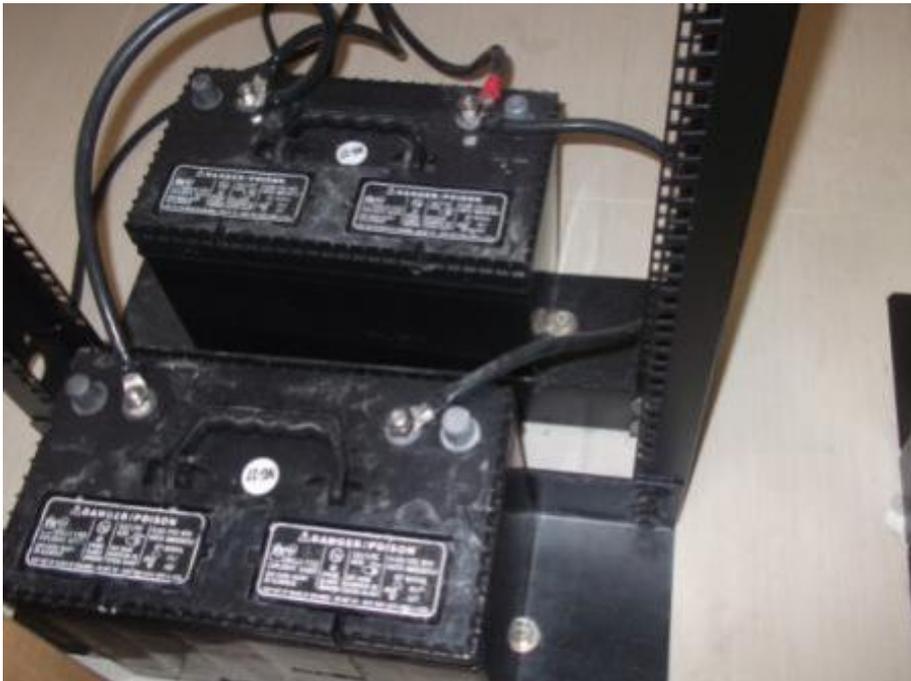


Figura 3.39 Vista de Respaldo de energía y baterías de los equipos



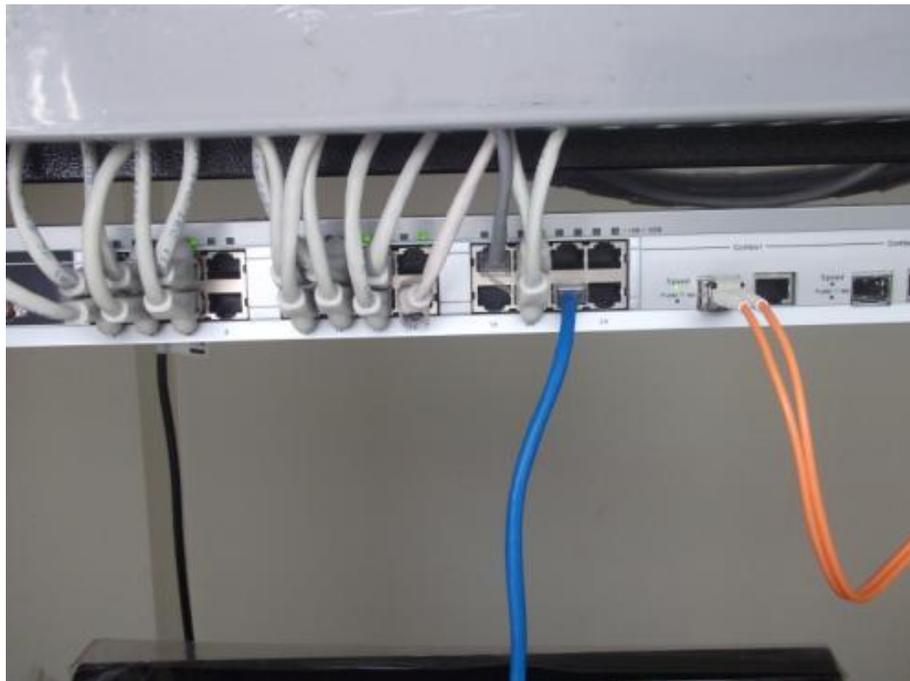
Figura 3.40 Vista posterior de los equipos



Figura 3.41 Panel de Control de alarma contra el fuego



Figura 3.42 Vista frontal del Switch DES 3526 y conexiones



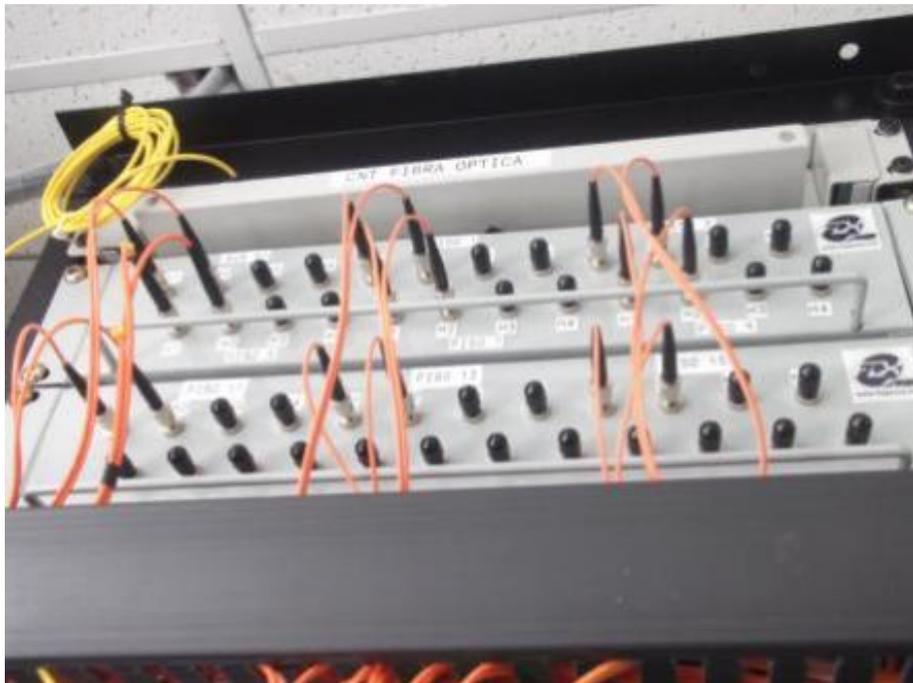


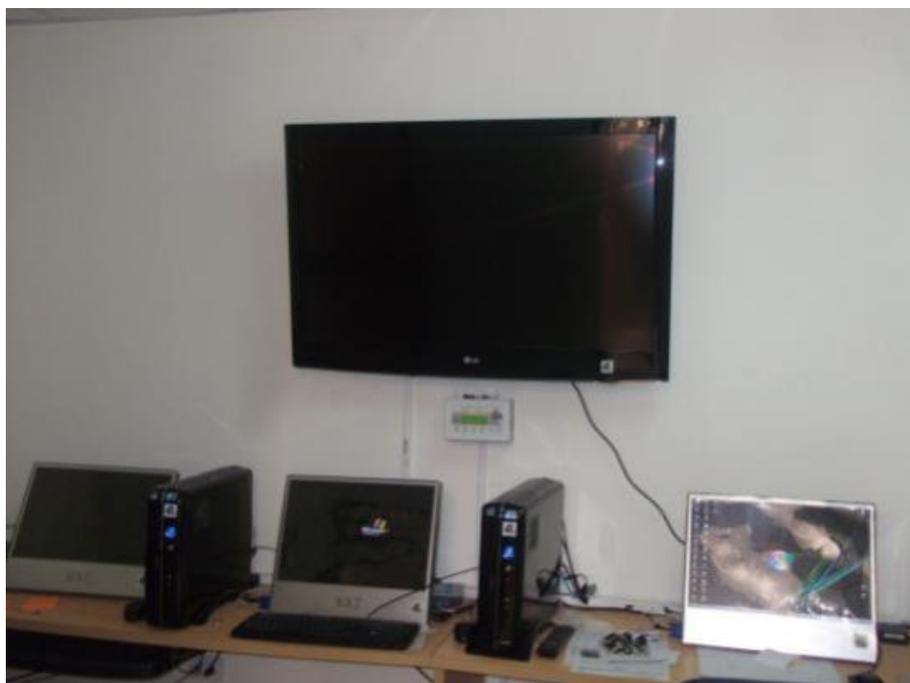
Figura 3.43 Vista de conexión de la Fibra Óptica



**Figura 3.44 Vista frontal del ordenador para el sistema de programación ubicado en el cuarto de control**



**Figura 3.45** Varias vistas del cuarto de equipos





**Figura 3.46** Vista de los computadores ubicados en el cuarto de control, cada uno tiene asignado una función

## **3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS**

### **3.2.1 GPON Echolife OT925-G**

EchoLife OT925-G (OT925-G) es la unidad de la UEN (unidad de negocios), desarrollado por Huawei para implementar la arquitectura FTTO (fibra hasta la oficina)



**Figura 3.47** Echolife OT925-G

Funcionando como un SBU en colaboración con la Red de GPON terminal de línea óptica (OLT), OT925-G ofrece acceso GPON para ofrecer los siguientes servicios:

- Acceso Multiservicio: datos, voz y vídeo a alta velocidad (Triple-Play)
- Transporte de todas las señales de comunicación de las estaciones base a la red principal (backhaul móvil) a través de los puertos de arriba hacia abajo E1.
- Conexión de la central a través de puertos E1 aguas abajo.

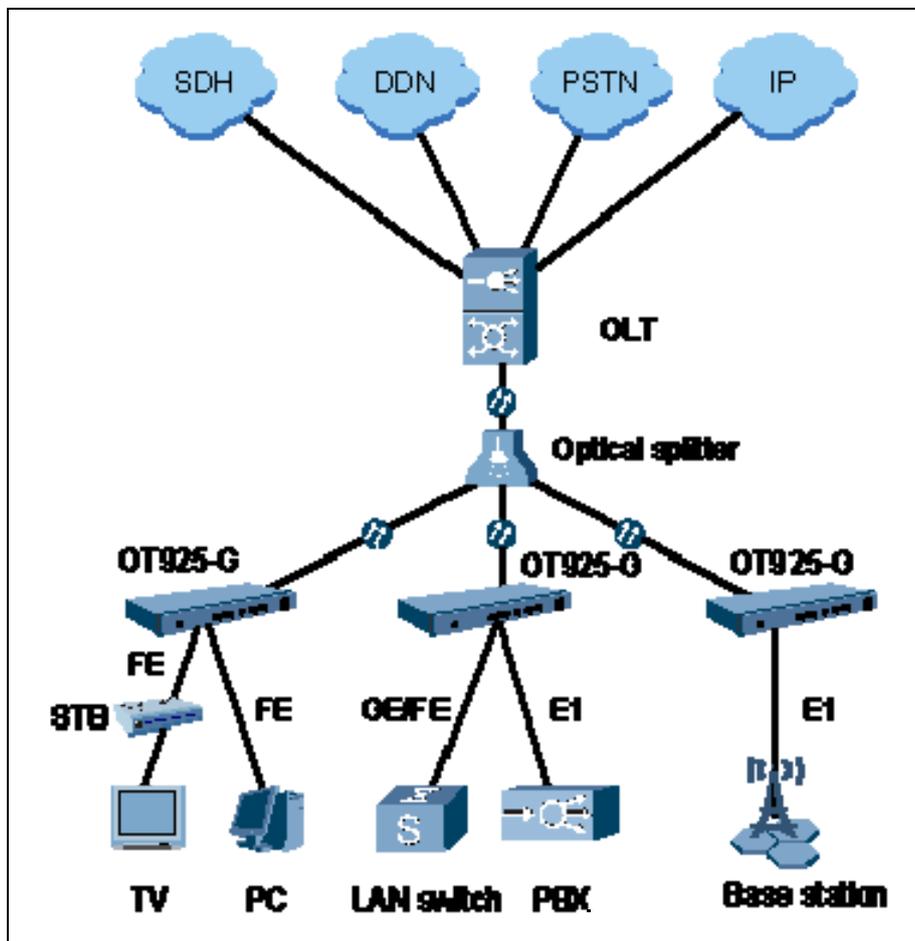


Figura 3.48 Conexión de la central

**Tabla 3.1 Significado de abreviaciones**

SDH: jerarquía digital síncrona de la jerarquía digital sincrónica-	PSTN: red telefónica pública conmutada
DDN: datos digitales de la red de datos en red digital	STB: Set Top Box-STB
PBX: PBX: Private Branch Exchange, un sistema de teléfono privado con acceso a una red común	

EchoLife OT925-G es una investigación y desarrollo de Huawei GPON SBU (solo la unidad de negocio) los productos, utilizando la tecnología GPON para proporcionar un único enlace ascendente de fibra 1.244Gbit / s, 2.488Gbit enlace descendente / s de alta velocidad de canal de datos proporcionar a los usuarios de voz, datos y acceso a los servicios de vídeo.

OT925-G localizado en los terminales de los usuarios de negocio de acceso óptico, puede proporcionar una rica interfaz de tipos de redes y flexible para satisfacer las necesidades de los usuarios en diferentes entornos de red y las necesidades de negocios: redes FTTB, una para usuarios empresariales de los servicios de datos, servicios de voz, acceso a los servicios de vídeo, línea de soporte de TDM, para cumplir con la empresa TDM o grupo de acceso de los usuarios, mientras que las necesidades de acceso a los servicios de la estación de base inalámbrica, aplicaciones de línea privada Ethernet, proveer a la VLAN de red privada un punto dedicado a punto de la capacidad de interconexión cruzada-MAN.

### 3.2.2 Switch DGS- 3627G

El DGS-3627G forma parte de la familia xStack de D-Link de núcleos switches Gigabit de nivel 3 que combinan rendimiento, seguridad, calidad de servicio (QoS), funciones de gestión versátiles, fuente de alimentación redundante opcional y flexibilidad escalable. Todas estas características son las propias de soluciones basadas en chasis mucho más caras.



Figura 3.49 Switch DGS- 3627G

## Especificaciones generales

Tabla 3.2 Especificaciones Generales SWITCH DGS- 3627G

<b>Normas Técnicas</b>	De acuerdo con la UIT-T G.984 GPON estándar
<b>Interfaz de velocidad</b>	La subida máxima 2.5Gbit / s
<b>Interfaz de servicio</b>	<p>WAN: 1 ↑ interfaces GPON</p> <p>LAN: 1 ↑ full-duplex 10/100/1000 Base-TX Ethernet (RJ-45)</p> <p>4 full-duplex 10/100 Base-TX Ethernet</p> <p>4 interfaces E1/T1</p>
<b>Características principales</b>	<p>Soporte de Clase B + Presupuesto de potencia óptica</p> <p>Completo las funciones de multidifusión de apoyo, proporcionar a los usuarios una gama completa de servicios Triple Play dirección de formas estáticas para apoyar, PPPoE el acceso telefónico a la dirección de red y DHCP</p> <p>Apoyo a la Configuración basada en Web y la supervisión del estado</p> <p>Apoyar el uso de completar ONT OMCI gestión y mantenimiento</p> <p>Apoyo a la mejora de la red puerto local, y el apoyo a distancia de actualización OMCI</p> <p>Apoyo para una instalación flexible: la pulgada o 21 pulgadas de montaje en rack, escritorio de instalación-19</p>

## Parámetros del Equipo

Tabla 3.3 Parámetros del equipo

<b>Equipo de tamaño</b>	436mm × 200mm × 43.5mm (L x W x H)
<b>Tensión de servicio</b>	1,5 A, 240V 50Hz/60Hz
<b>Máximo consumo de energía</b>	≤ 32W
<b>Temperatura ambiente</b>	-5 °C~ 50 °C
<b>Humedad</b>	5% de humedad relativa a 95% HR

**Completo desarrollo en fibra con 24 slots SFP:** el DGS-3627G proporciona un entorno completamente en fibra para infraestructuras Ethernet de larga distancia. Es particularmente adecuado para los desarrollos de los proveedores de servicios Internet en su red de área metropolitana (MAN). Además, los cuatro puertos de cobre 1000Base-T, que funcionan como combo con 4 de los slots SFP, otorgan más flexibilidad.

**Fácil expansión en una pila virtual:** Gracias a la tecnología SIM (Single IP Management, gestión a través de una IP única) de D-Link, se pueden combinar en una pila virtual hasta 32 switches sin que importe el modelo. Desde una estación de trabajo con un navegador web y a través de una única dirección IP se pueden configurar, monitorizar y mantener varios switches. La pila se gestiona como un único objeto, puesto que todas las unidades apiladas se identifican por esta única dirección IP. Una única y potente interfaz basada en web le permite al administrador realizar más tareas de gestión y configuración.

**Características avanzadas para los desarrollos de los ISP:** El DGS-3627G incluye funciones avanzadas de enrutamiento, como OSPF v2, interfaz pasiva, NSSA (Not-So-Stubby Area), Equal Cost Route y RIP ng. Admite los servicios de multidifusión, como la televisión por IP y el vídeo a demanda, por medio de los protocolos incluidos, como IGMP, MLD y PIM. Gracias al soporte de doble VLAN (802.1Q-in-Q), los ISP pueden crear redes privadas virtuales (VPN) de nivel 2 y unas LAN transparentes para sus clientes.

**Seguridad global:** Dispone de una completa serie de características de seguridad para la conectividad y el control de acceso. Entre ellas figuran las listas de control de acceso (ACL) basadas en la dirección MAC, el puerto switch, la dirección IP y/o los números de puerto TCP/UDP. Además se incluye la autenticación 802.1X y la funcionalidad de control de dirección MAC. El switch también permite la gestión centralizada para el acceso de administración por medio de TACACS/TACACS+ y RADIUS. Por otra parte, cuando se implementa junto con un firewall NetDefend de D-Link, el switch es capaz de poner en cuarentena cualquier host que muestre un comportamiento anormal. Este mecanismo, ZoneDefense de D-Link, proporciona seguridad de red proactiva puesto que evita que los virus se expandan por la red e impide los ataques dañinos para la red\*.

*\* Funcionalidad disponible en la próxima actualización de firmware.*

**Mejor rendimiento y disponibilidad de la red:** El switch DGS-3627G proporciona soporte VLAN, que incluye GARP/GVRP, 802.1Q y Guest VLAN, para mejorar la seguridad y el rendimiento de la red. La característica de Guest VLAN asigna dinámicamente el usuario a un «Guest VLAN» si el usuario no está registrado en el servidor RADIUS. Si la autenticación es correcta, el usuario será asignado a la VLAN que está asociada con la información de registro. El switch implementa una potente serie de funciones QoS/CoS multicapa (L2, L3, L4) para garantizar que los servicios de red críticos, como VoIP, ERP, intranet y videoconferencias, tienen prioridad. El control de ancho de banda permite a los administradores establecer límites de tráfico en cada puerto, lo que garantiza un determinado nivel de servicio para los usuarios finales. Para las aplicaciones avanzadas, el control de ancho de banda por flujo permite ajustar fácilmente los tipos de servicios en función de determinadas direcciones IP o protocolos.

Además, una característica exclusiva, D-Link Safeguard Engine™, permite a los administradores configurar umbrales que limiten el impacto del tráfico masivo de paquetes por la CPU de los ordenadores, típicamente causado por las

activaciones de virus o gusanos. Esto aumenta la fiabilidad, disponibilidad y resistencia del switch.<sup>81</sup>

### 3.2.3 Switch DES 3526

#### General

El switch DES-3526 es la última innovación en Switches que incorpora D-Link a su ya extensa familia de Switches, éste equipo es un Switch Layer 2, que entre sus principales características proporciona funcionalidades avanzadas (en L2/L3/L4) tales como Calidad de Servicio (QoS) y Clase de Servicios (CoS), ACL y Seguridad de acceso a la red, además de formar Stack hasta un máximo de 32 unidades gracias a su tecnología SIM.



Figura 3.50 Switch DES 3526

Está diseñado especialmente para conexiones del tipo Departamental y Enterprise, combinando un alto nivel de prestaciones funcionales, gran flexibilidad y un completo soporte para administración, contando con 24 puertos 10/100Mbps y 2 puertos Gigabit Ethernet tipo combo, en las que pueden instalarse puertos Gigabit en fibra óptica.

Gracias a la innovadora tecnología SIM de D-Link (Single IP Management), es posible la expansión escalable a través del apilamiento virtual de hasta 32 unidades logrando una densidad máxima de 768 puertos 10/100Mbps y 64 puertos 1000Mbps, además de la gestión central de todos los equipos en el Stack Virtual a través de una única dirección IP.

---

<sup>81</sup> [[www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=940](http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=940)]

Facilidad para instalar distintos puertos para la conexión al backbone (Gigabit en fibra óptica) de la red y con la opción de alimentación eléctrica redundante vía RPS, están disponibles en éste equipo.

La tecnología de punta y la versatilidad incorporada en este equipo, lo hacen ser la opción ideal para soluciones en medianas y grandes empresas, permitiendo eliminar los cuellos de botella, producidos por grandes volúmenes de información en la red, con lo cual otorgan un mejor performance para el trabajo del usuario.

- Principales Características y Facilidades
- Administración centralizada vía SIM
- Administración vía Web
- 24 puertos Fast Ethernet y 2 puertos Gigabit Ethernet tipo Combo,
- Permite formar Stack Virtual hasta un máximo de 32 unidades,
- Distintas opciones de puertos disponibles, formato SFP,
- Soporte de IEEE 802.1Q VLAN Tagging y GVRP,
- Administración para el Control de Acceso a la red, 802.1x,
- Control de acceso vía ACL,
- Soporte de QoS, IGMP Snooping, IEEE 802.1d & IEEE 802.1w, y
- Soporte de SNMP v.1, v2c, y v.3, además de RMON y SYSLOG.<sup>82</sup>

### 3.3 CONFIGURACIÓN DEL GPON

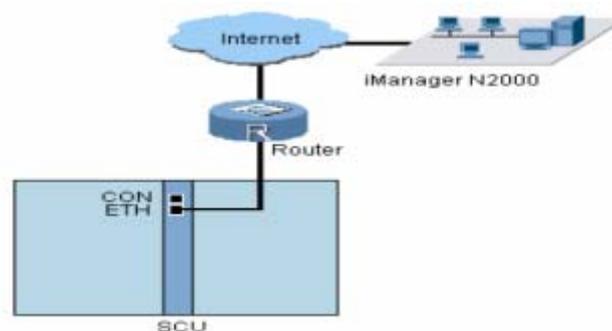


Figura 3.51 Diagrama de red

<sup>82</sup> [[http://www.dlinkla.com/home/productos/archivos/119/comercial\\_es.pdf](http://www.dlinkla.com/home/productos/archivos/119/comercial_es.pdf)]

### 3.3.1 Datos del Plan

Tabla 3.4 Datos del plan

Ítem		Data
<b>MA5600T out-band NM Parámetros</b>	Dirección IP	192.168.50.250
	Submáscara	255.255.255.0
	Comunidad leída	Pública
	Comunidad escrita	Privada
<b>N2000</b>	Dirección IP	192.168.50.252
	Submáscara	255.255.255.0

### Configuración

Configure la dirección IP del puerto ETH:

```
huawei(config)#interface meth 0
```

```
huawei(config-if-meth0)#ip address 192.168.50.250 255.255.255.0
```

Establezca los parámetros de SNMP.

Crear el nombre de la comunidad:

```
huawei(config)#snmp-agent community read public
```

```
huawei(config)#snmp-agent community write private
```

Establecer la versión de SNMP

El ajuste de la MA5600T será igual al que en el N2000, N2000 suponiendo que la adopta SNMP V1.

```
huawei(config)#snmp-agent sys-info version v1
```

Habilitar el envío de las trampas.

```
huawei(config)#snmp-agent trap enable standard
```

Configure la dirección IP del host de destino para las trampas.

```
huawei(config)#snmp-agent target-host trap address 192.168.50.252
securityname private
```

Configure la dirección IP del puerto ETH como la dirección de origen para las trampas de envío.

```
huawei(config)#snmp-agent trap source meth 0
```

Guarde los datos.

```
huawei(config)#save
```

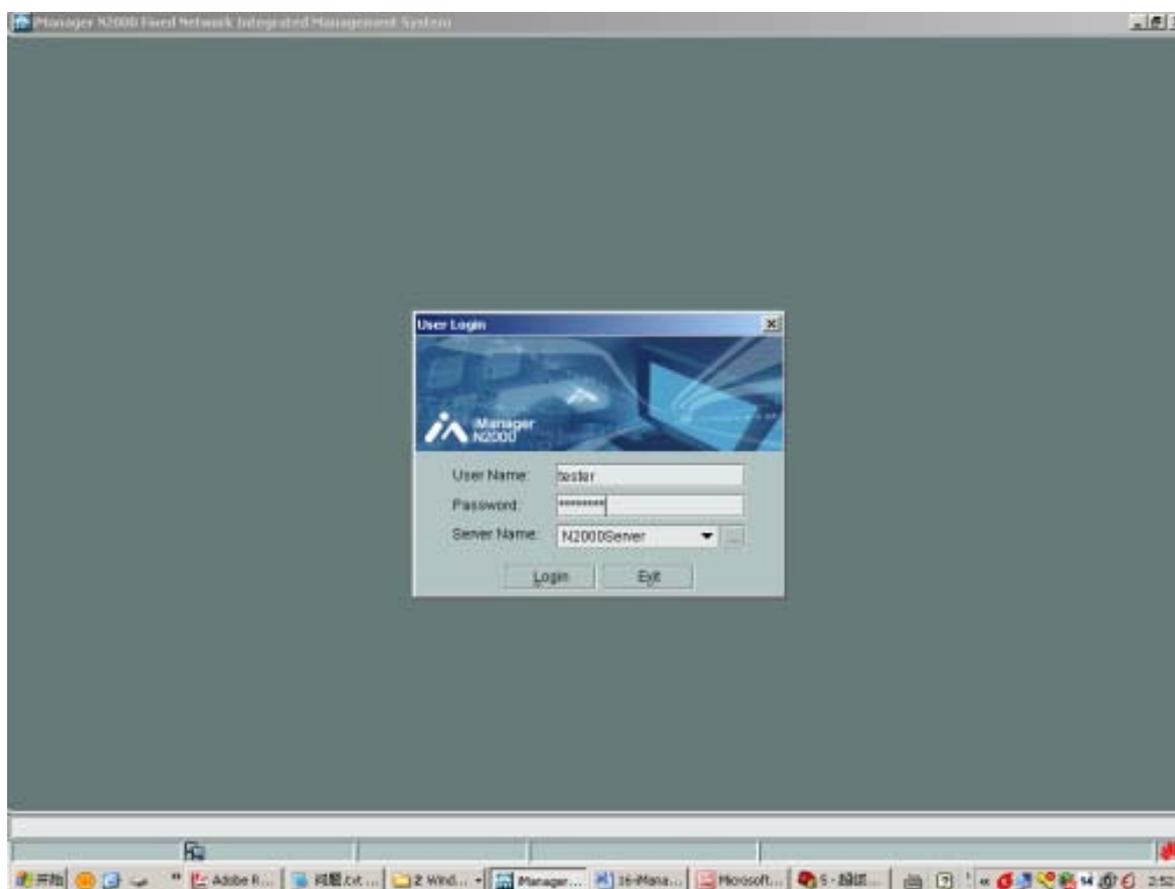
## Configuración del servicio Triple-play

Plan de datos para el servicio

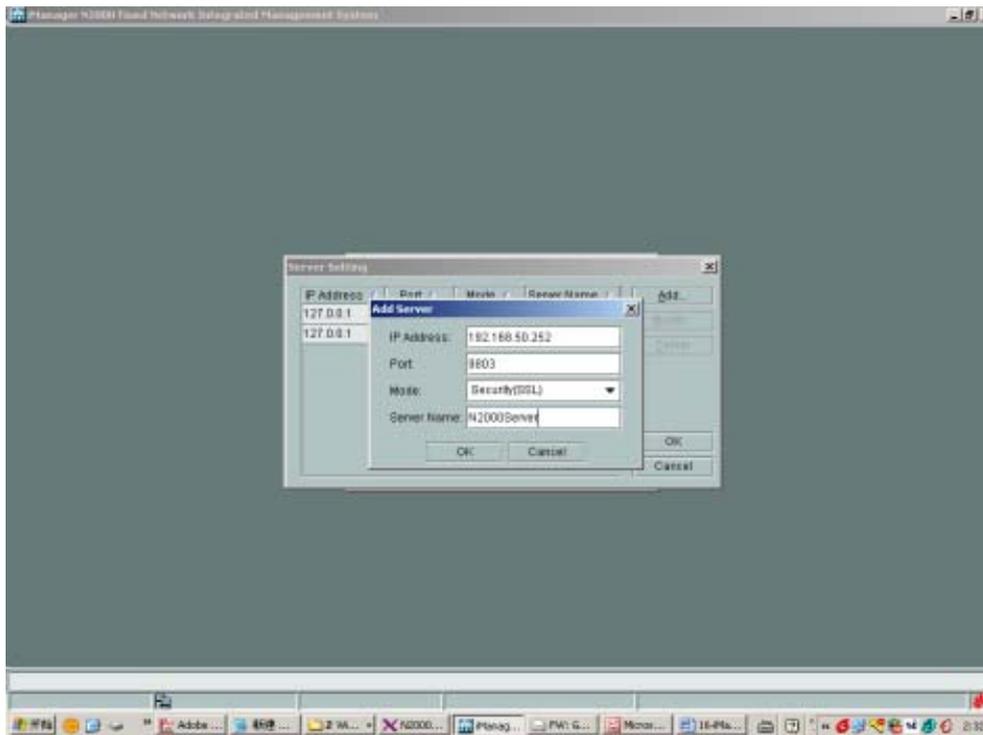
Consulte el plan de datos para servicios triple-play

Entrar en N2000

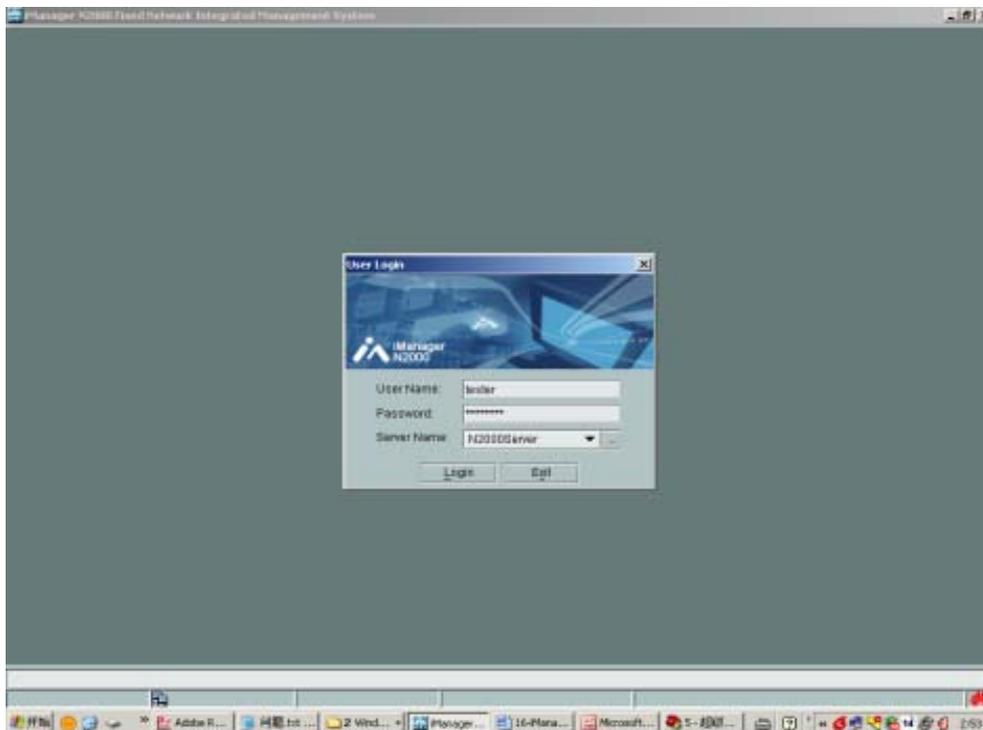
Haga clic  en el escritorio para abrir el "log in " de la ventana.



click  para configurar el servidor de direcciones IP



Ingrese el username: **tester** and **password: n2000bms** para ingresar al sistema



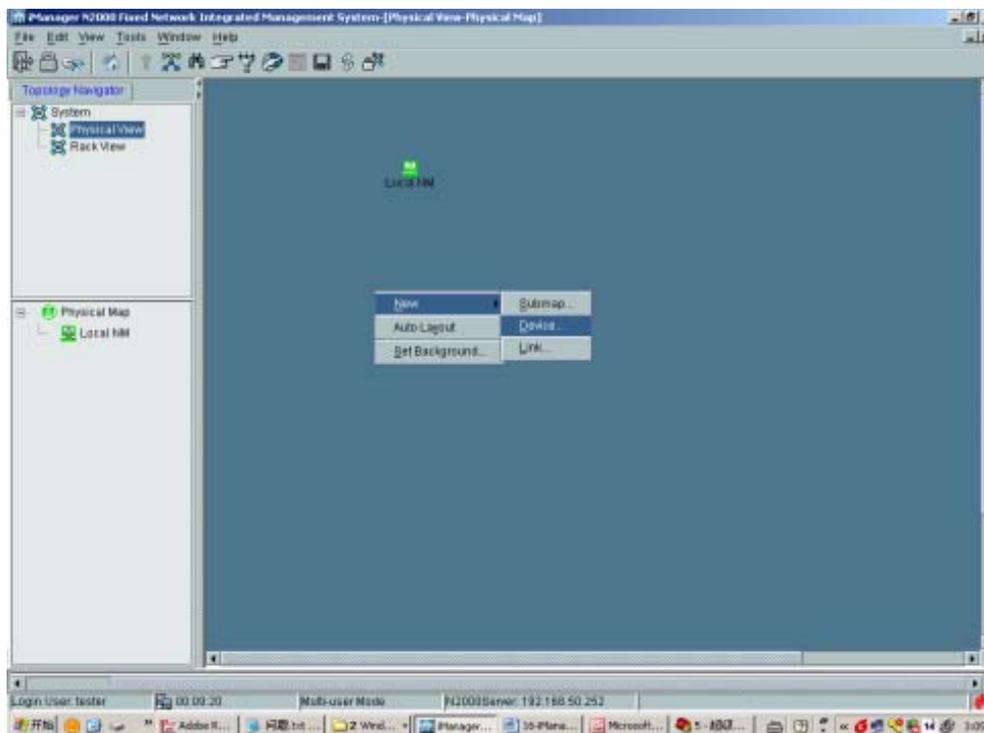
### Cambiar el "modo de escena ver" a "modo de vista clásica"

Notas: Es necesario registrarse para el cliente si se cambia el modo de vista

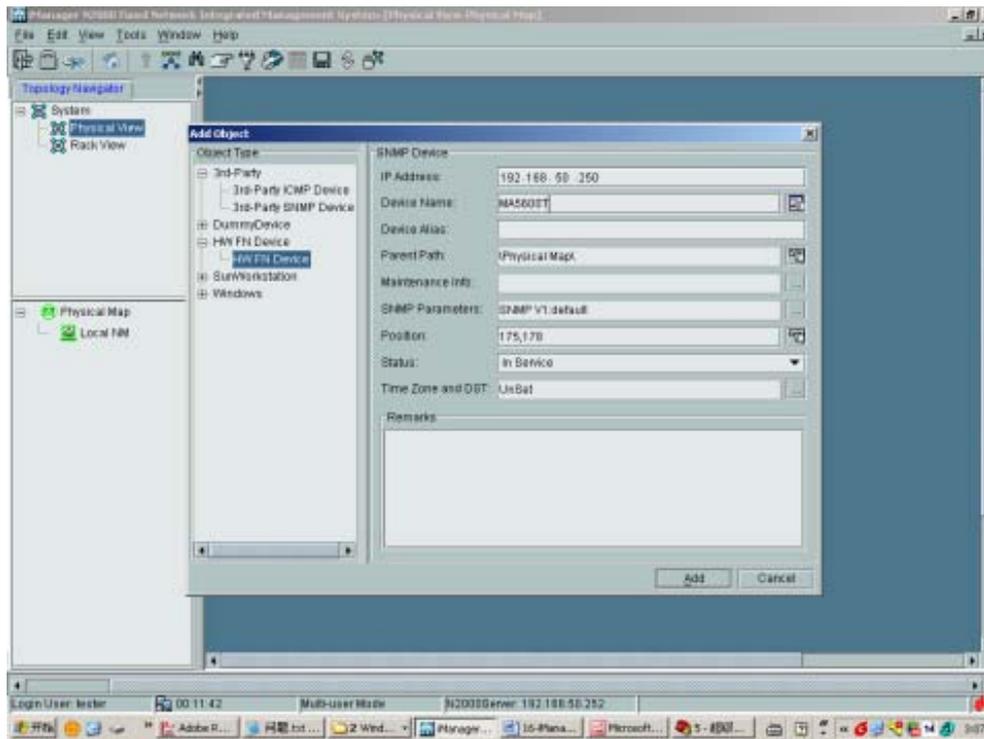


### Crear un dispositivo al sistema N2000

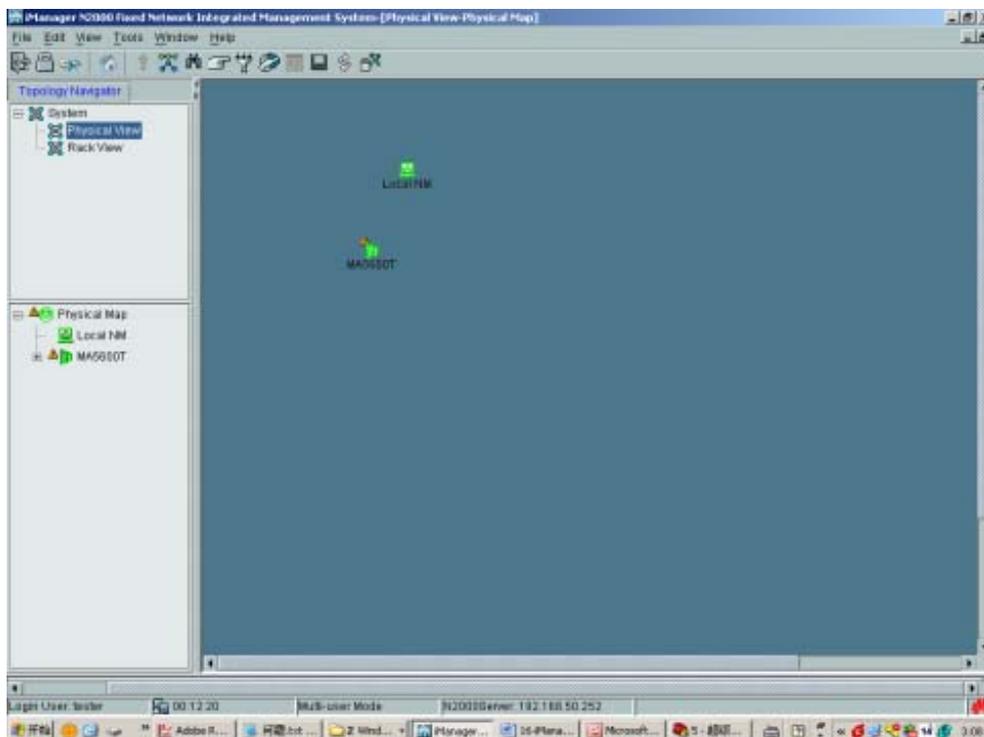
En el "Mapa físico", haga clic en crear nuevo dispositivo



## Establezca los parámetros del dispositivo



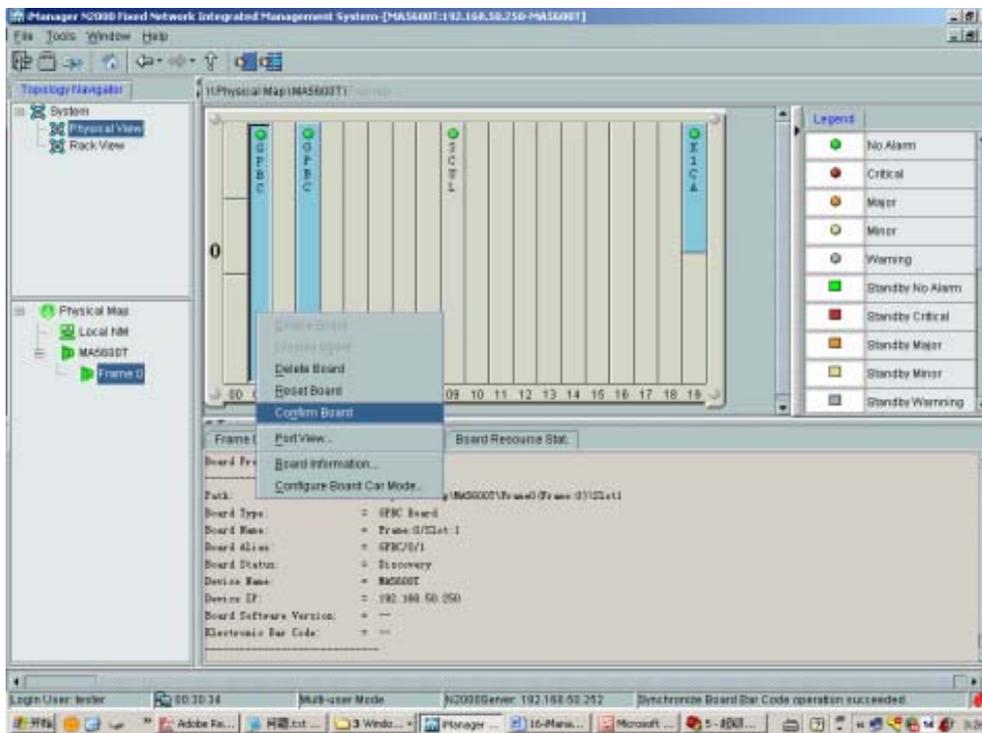
Haga doble clic en el equipo objeto para ver la información detallada del dispositivo



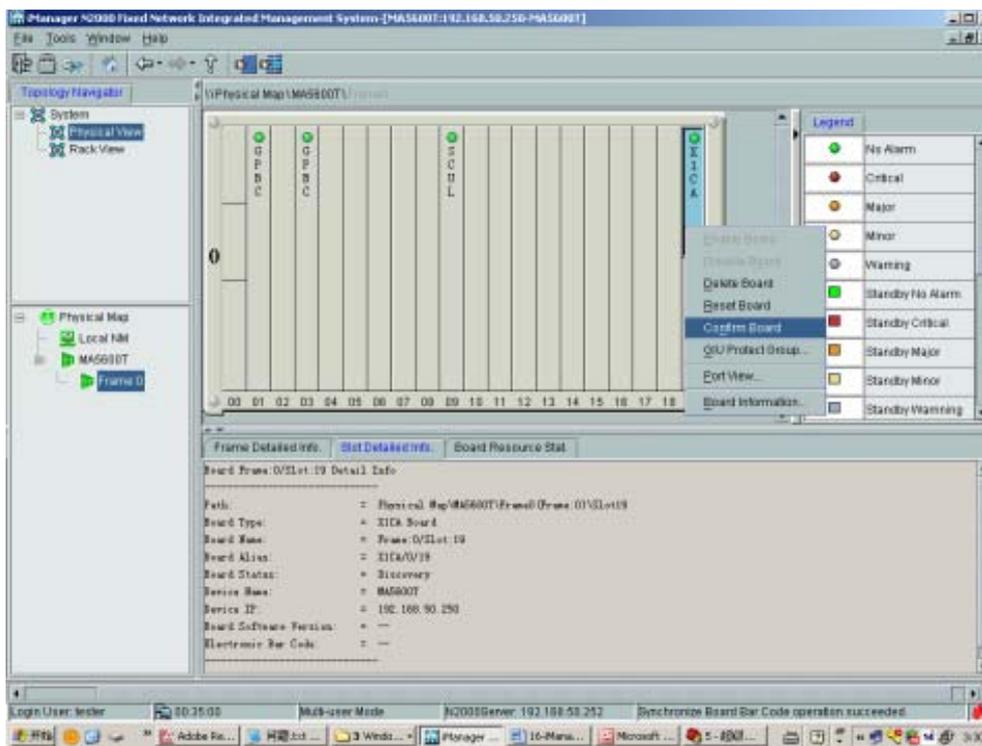
### Configuración del hardware

#### Confirmar el Service Board

Haga clic derecho elegir "confirm board" en el tablero con color azul

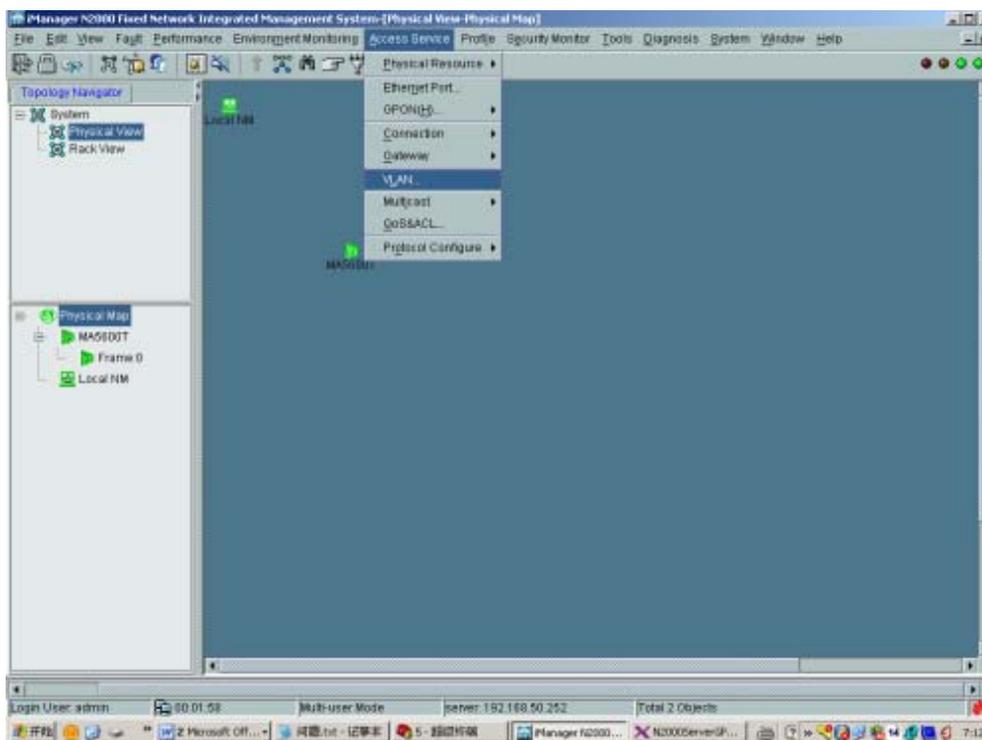


Haga clic derecho elegir "confirm board" en el uplink board

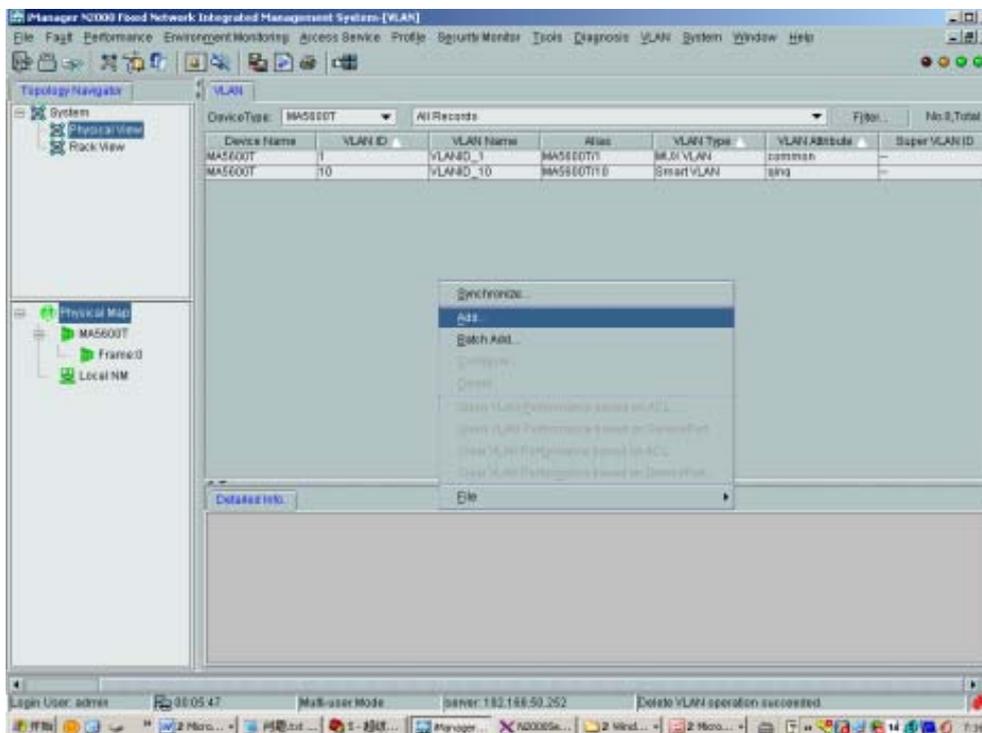


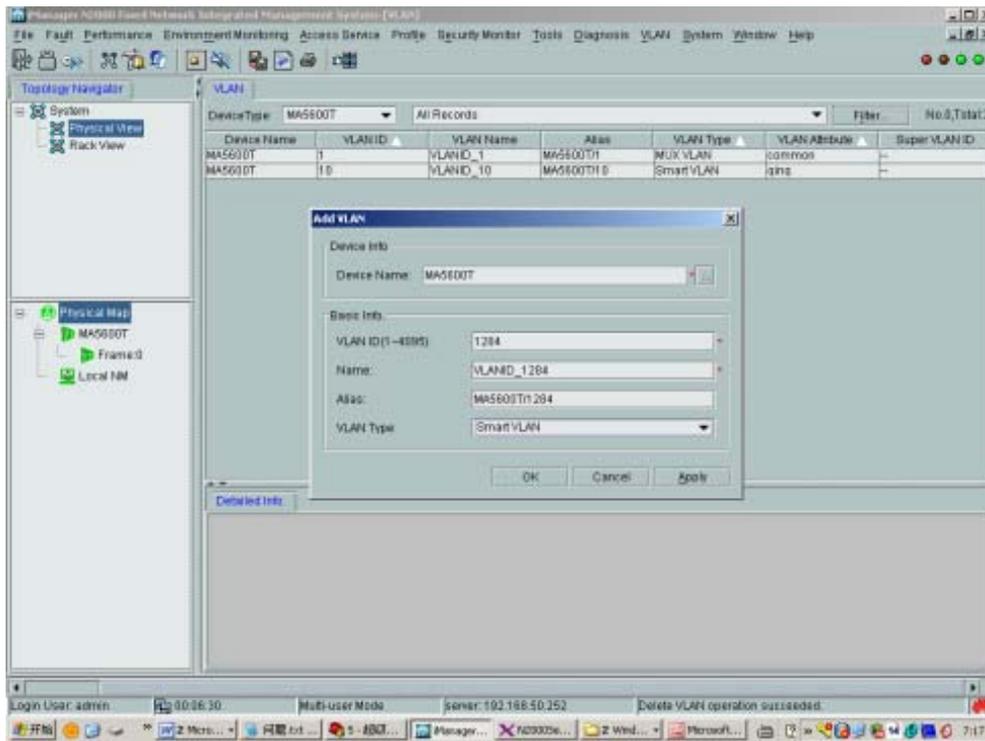
### Configurar el servicio de HSI

Crear VLAN, elegir la opción “Access service”→”VLAN”



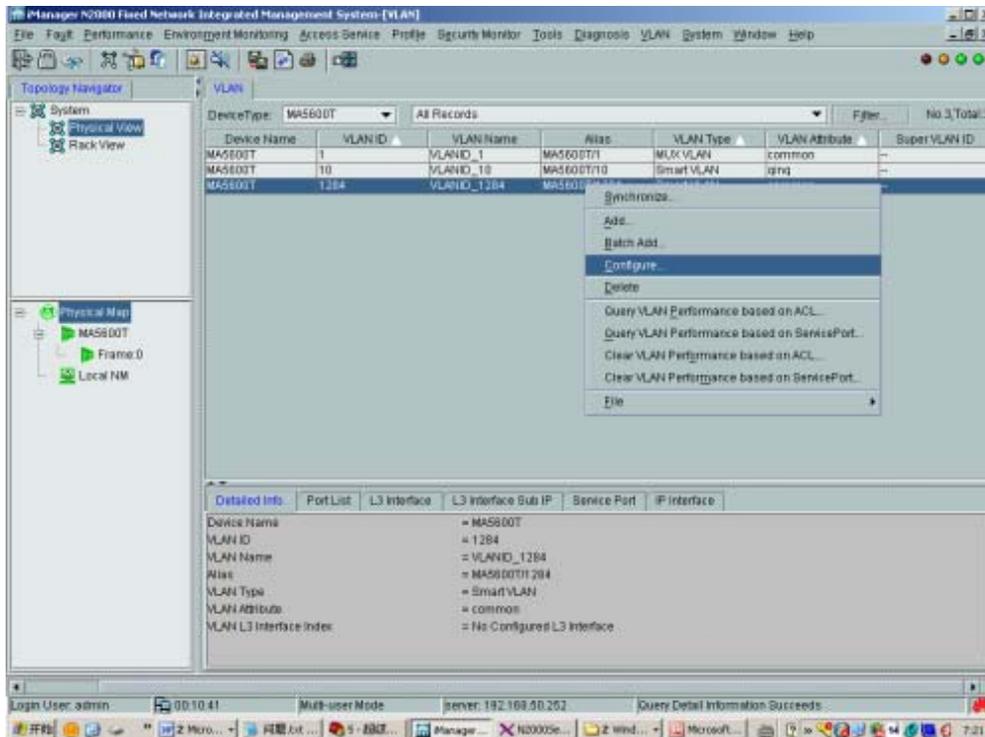
Clic derecho y elegir “Add”

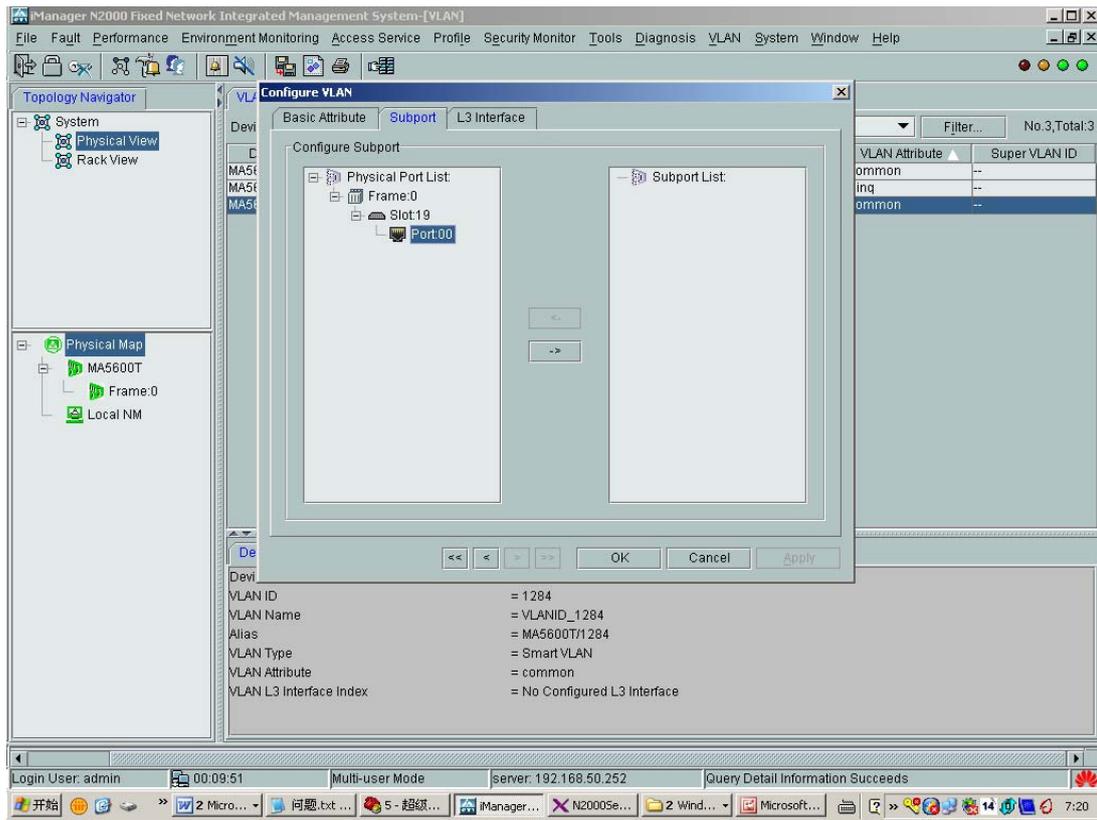




Agregar los puertos upstream a la VLAN

Elija VLAN, haga clic derecho y elegir la opción "configure"



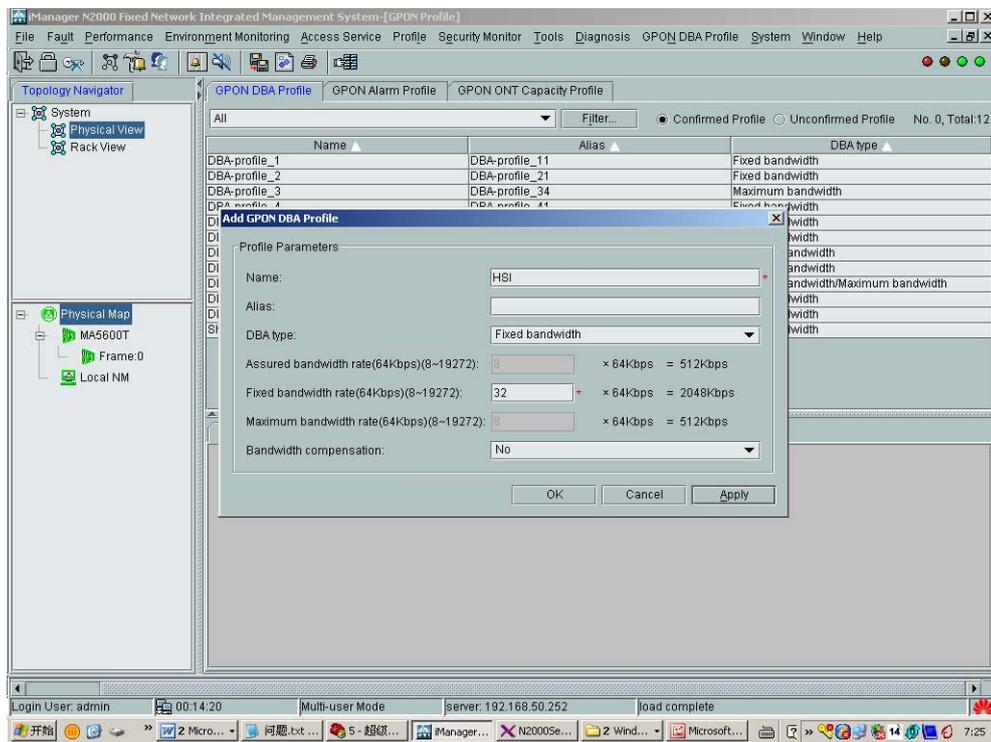
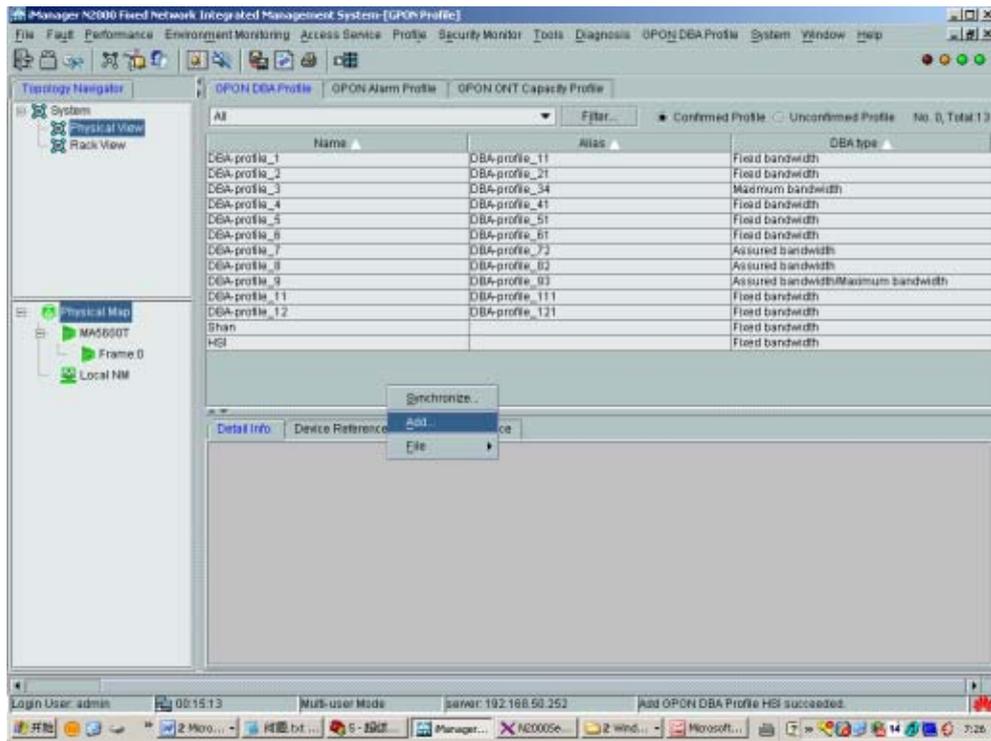


Añadir el perfil DBA

Seleccione del menú la opción "profile" → "GPON profile"



Haga clic derecho y seleccione “Add”

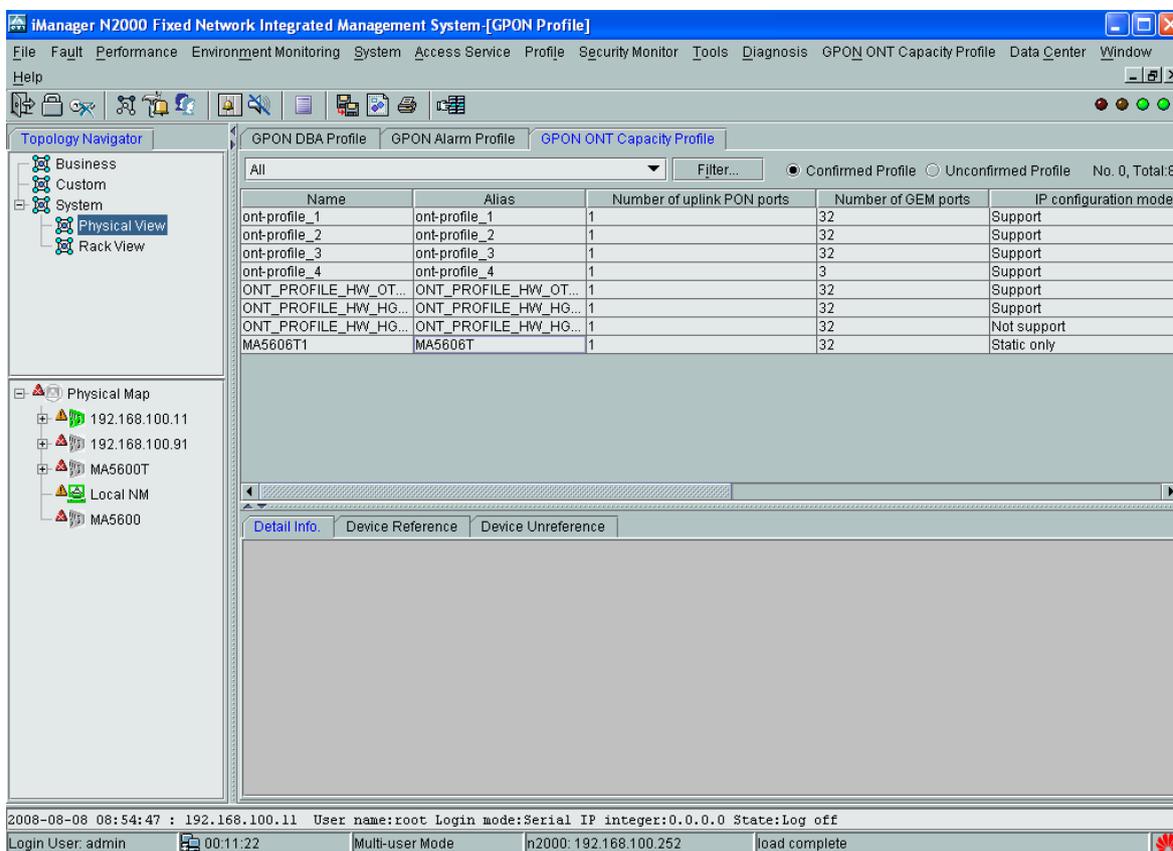


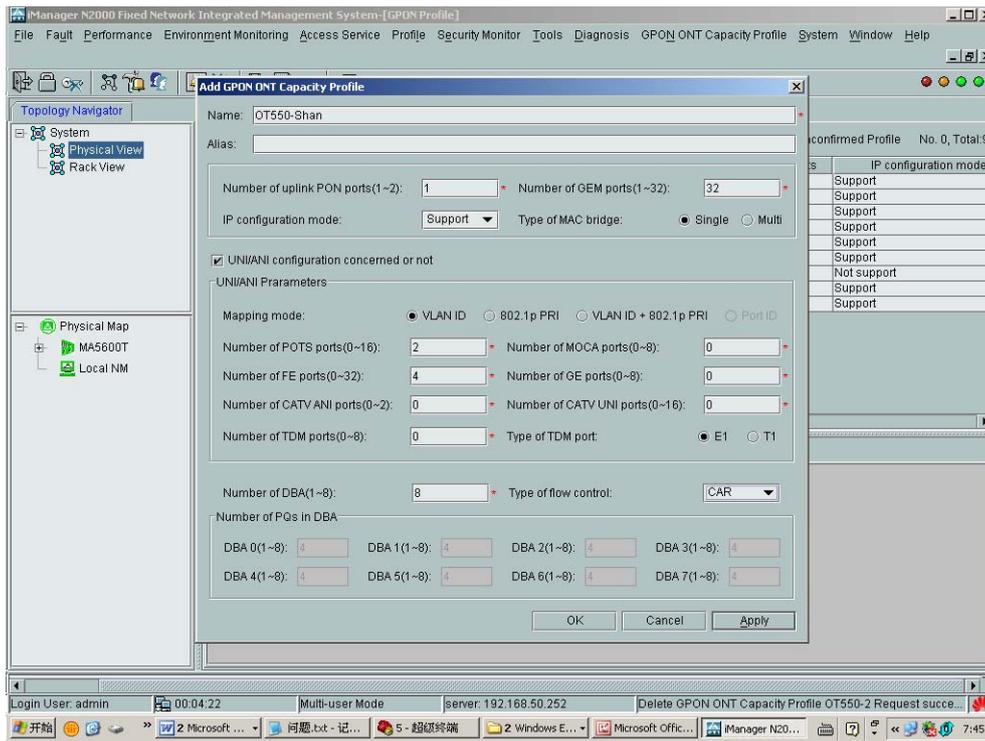
### Crear un perfil de capacidad ONT

Seleccione del menú la opción "perfil" → "GPON profile"

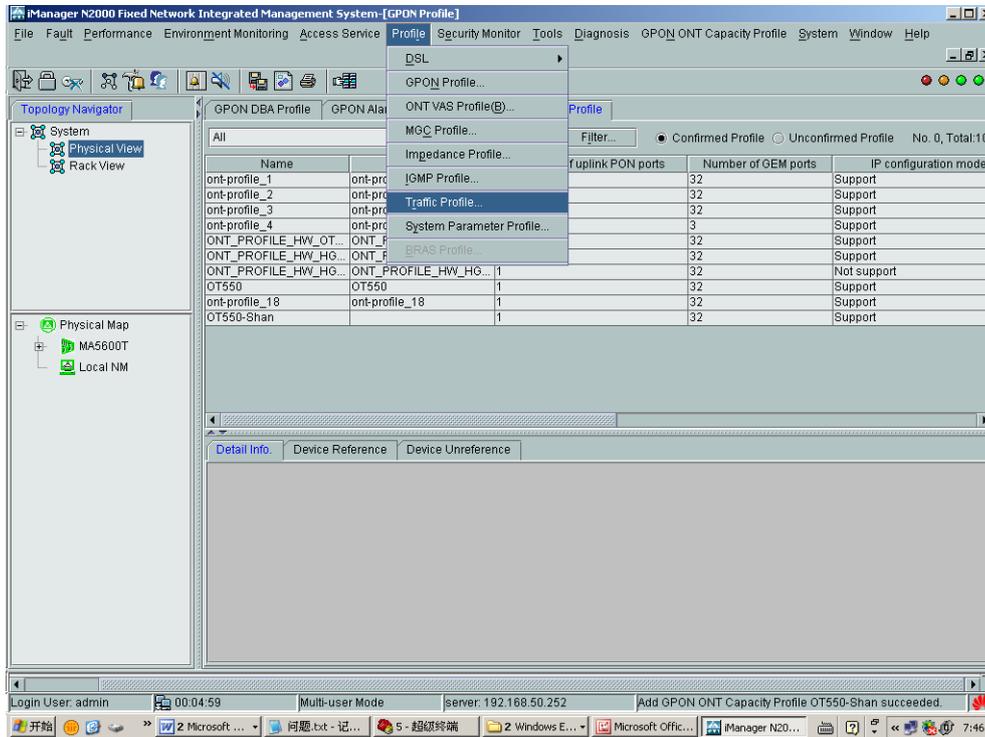


Haga clic derecho elegir "add" para crear el perfil ONT

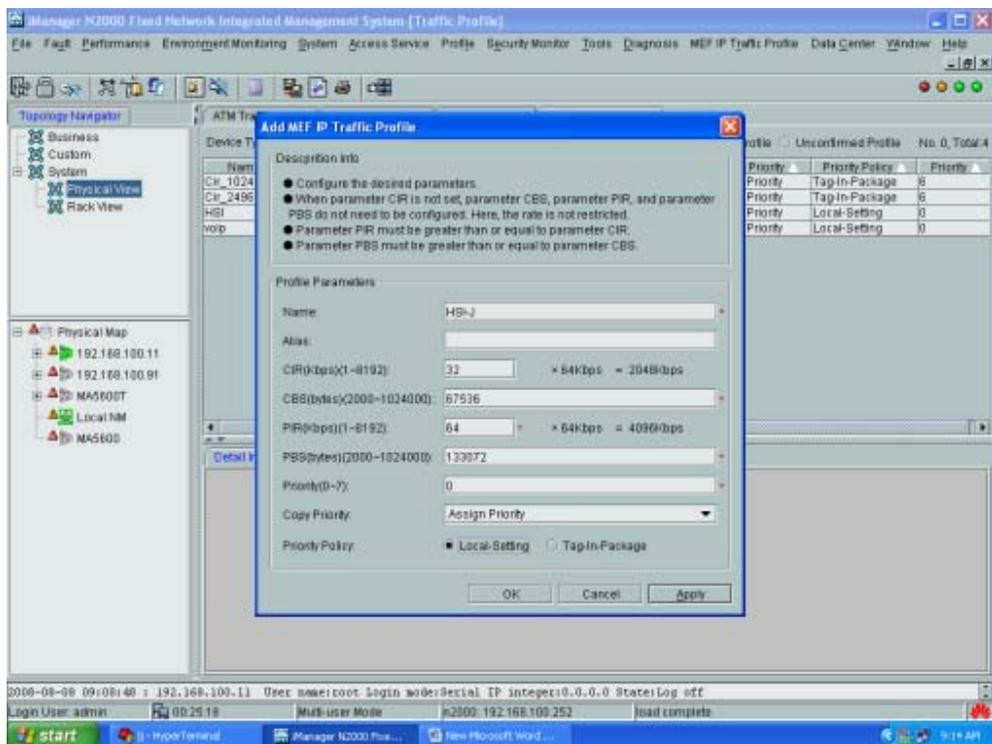
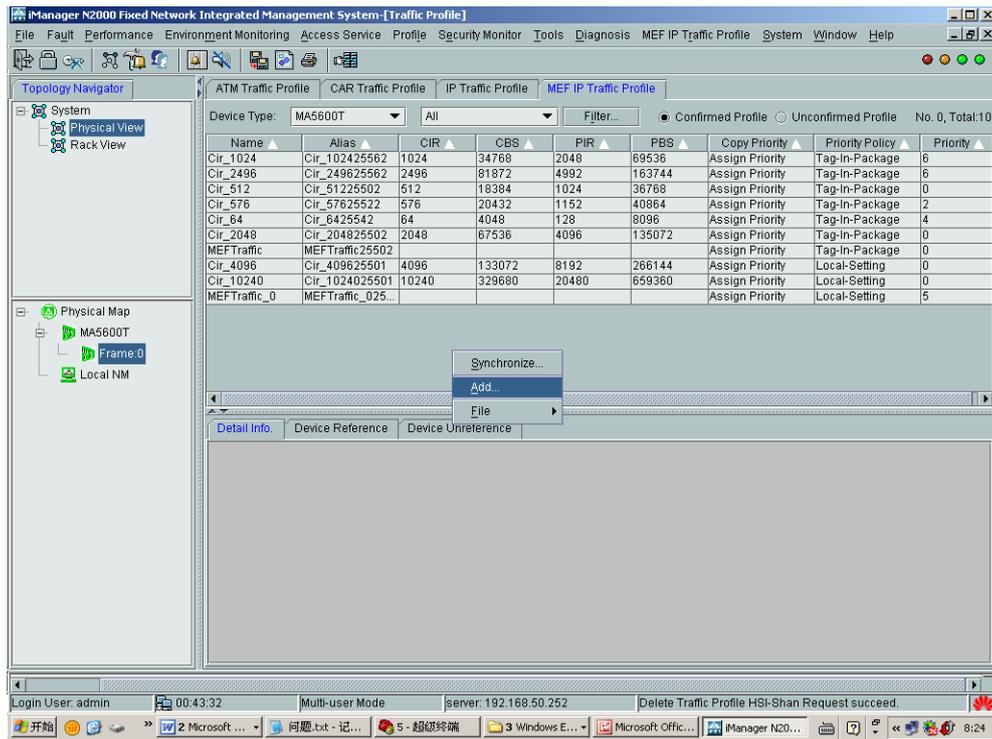




Seleccione del menú la opción "Profile"→"Traffic table"

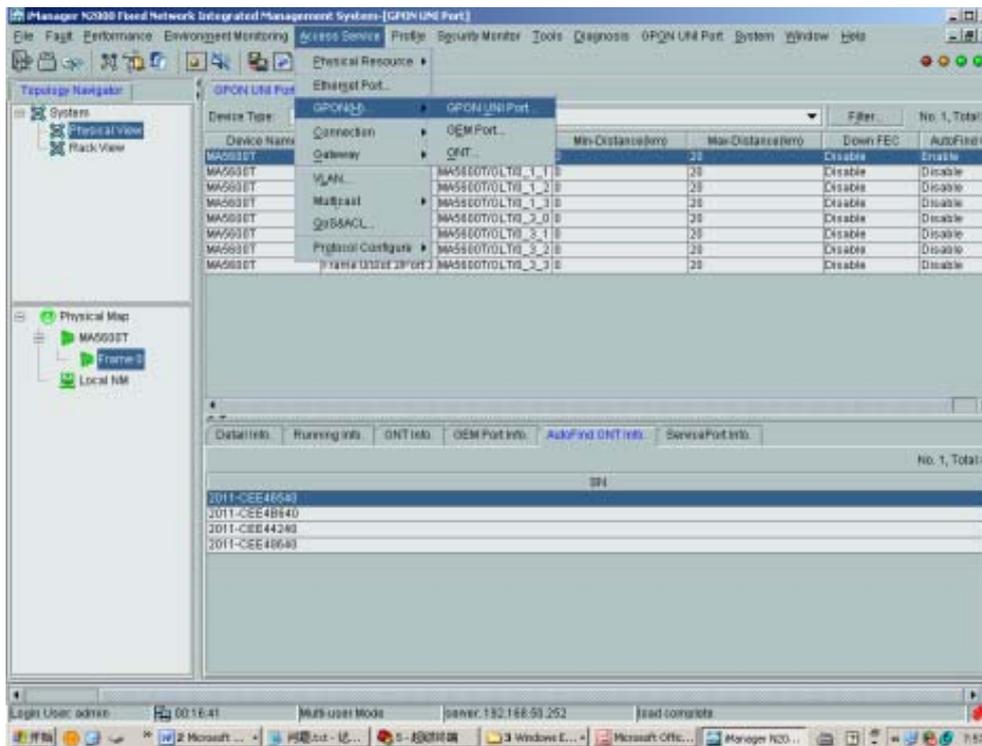


Elegir “MEF IP traffic profile” click derecho y elegir “Add”

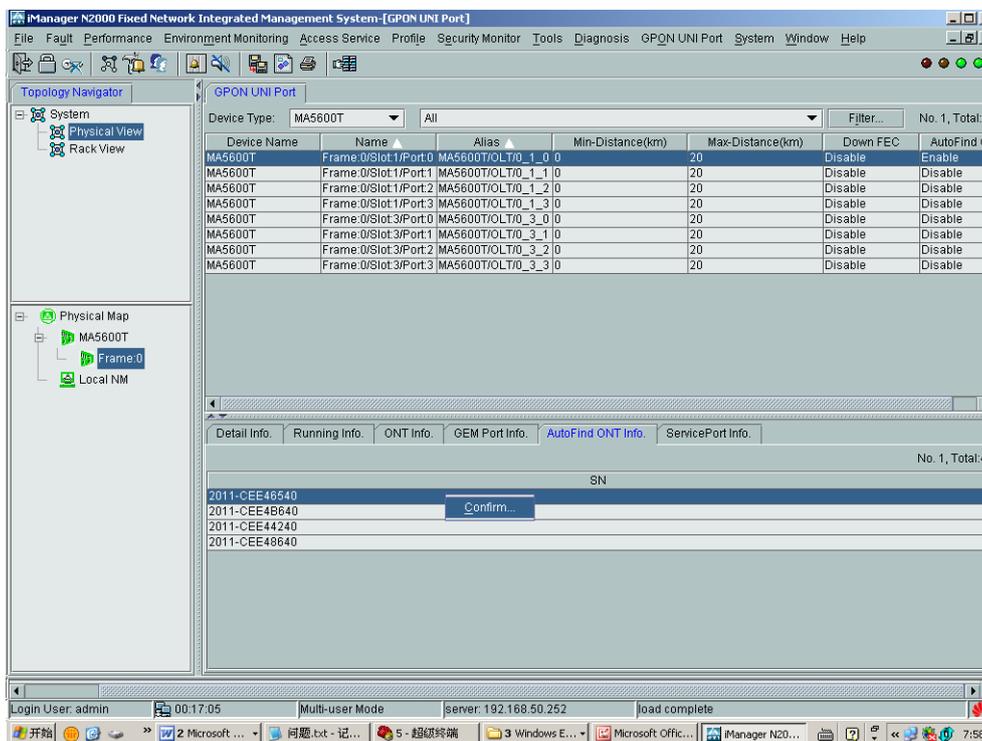


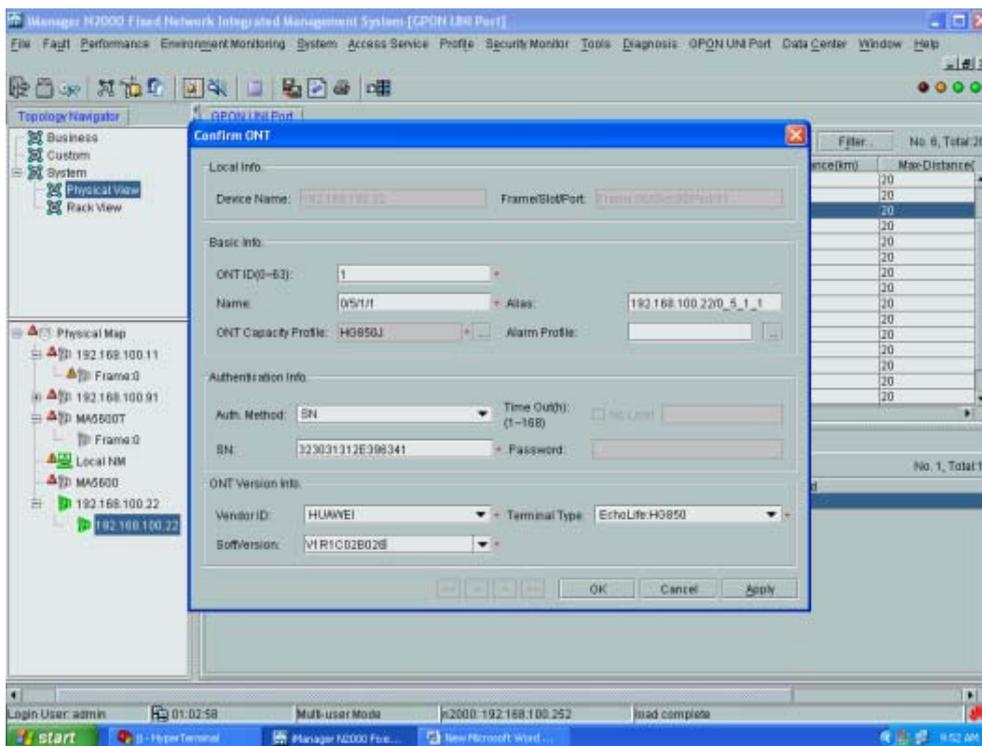
### Añadir un ONT

Seleccione del menú la opción "Access Service" → "GPON" → "GPON UNI Port"

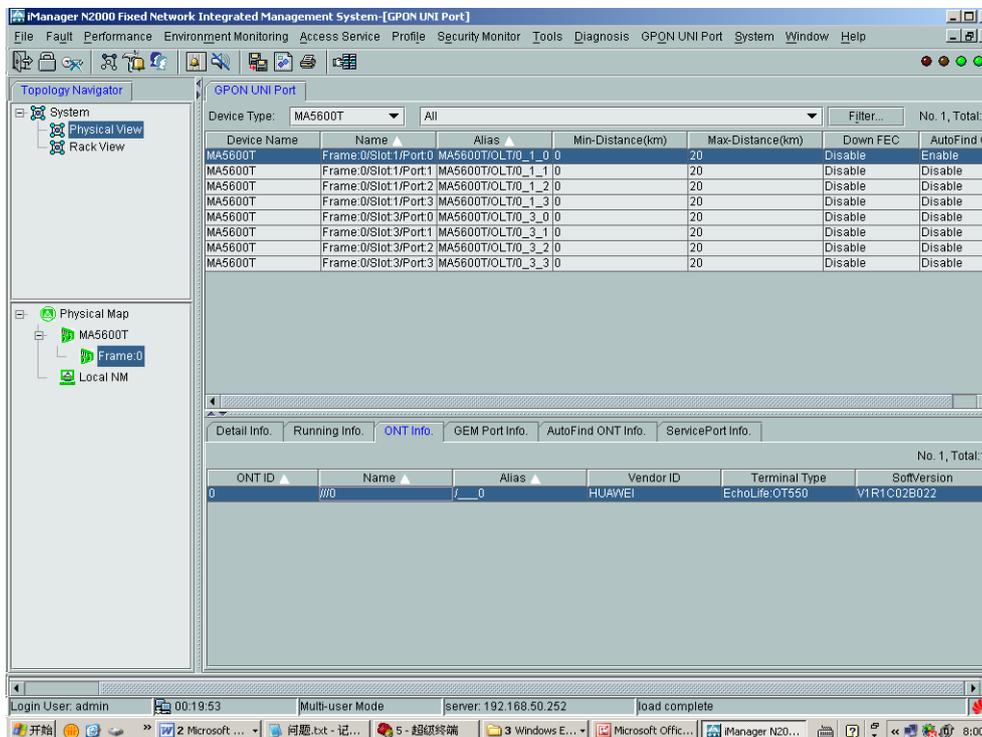


Elija ONT especificado en el menú, haga clic derecho y elegir la opción "Confirm" en la ventana



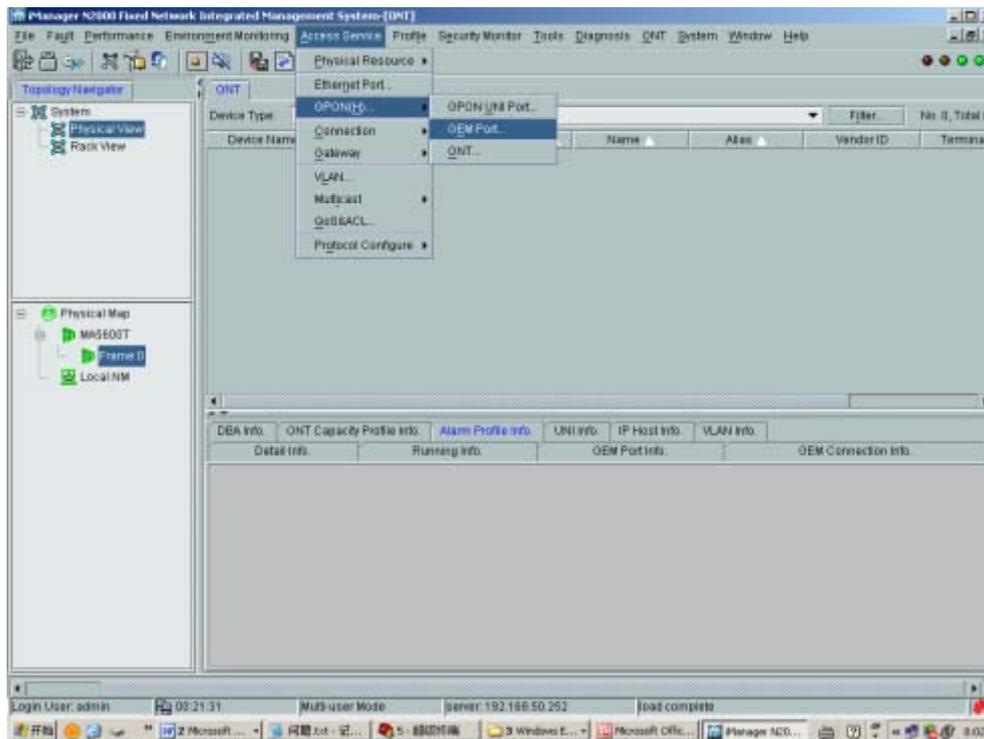


Click "ONT Info" para ver la información ONT

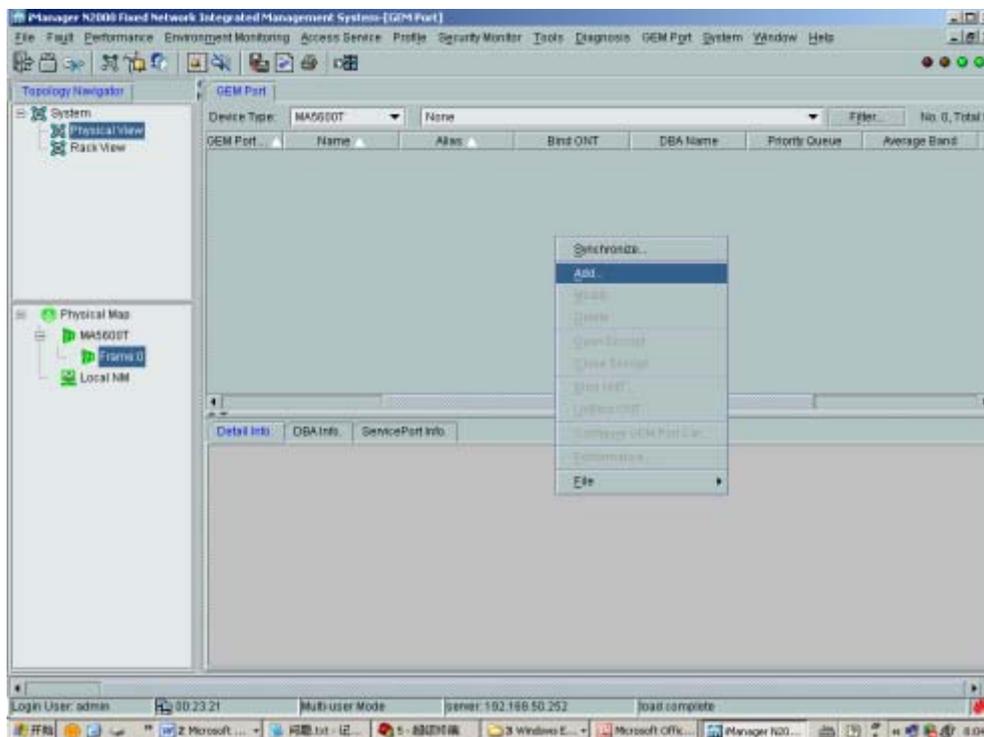


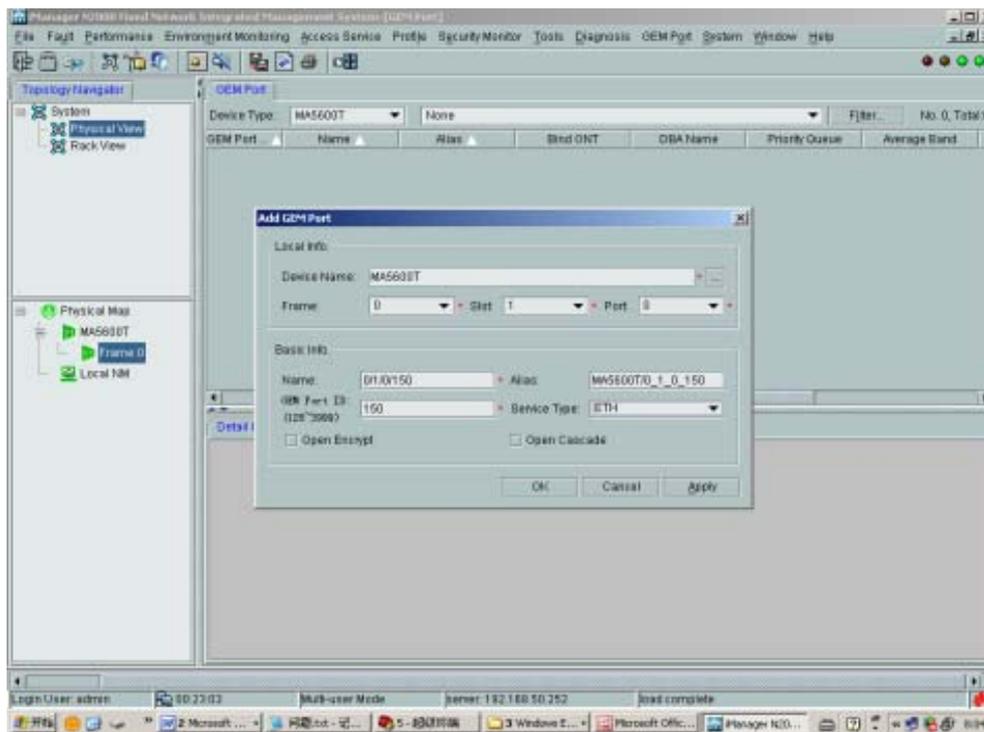
### Agregar a Gem port

Seleccione del menú la opción "Access Service" → "GPON" → "Gem port"



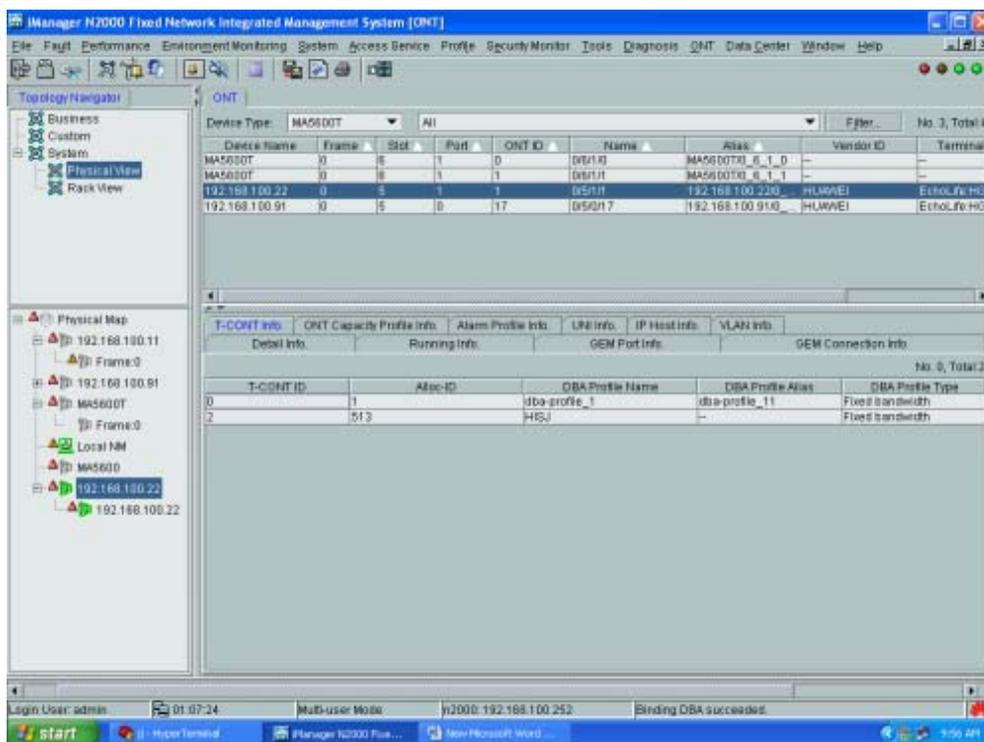
### Click derecho y agregar Gem port

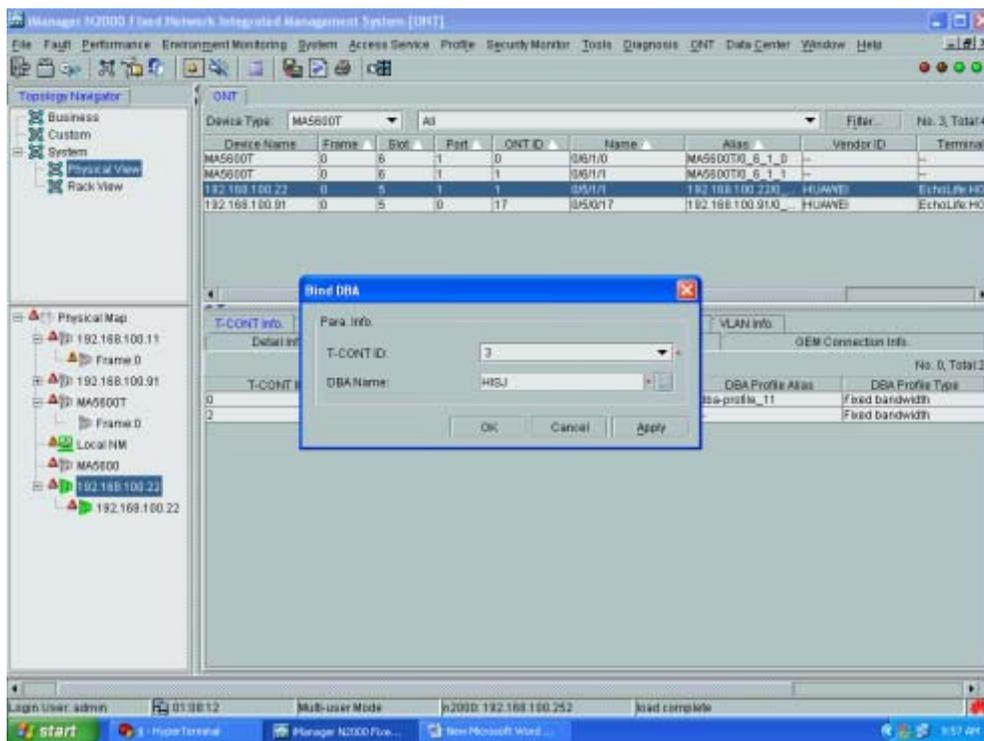




Enlazar perfil DBA

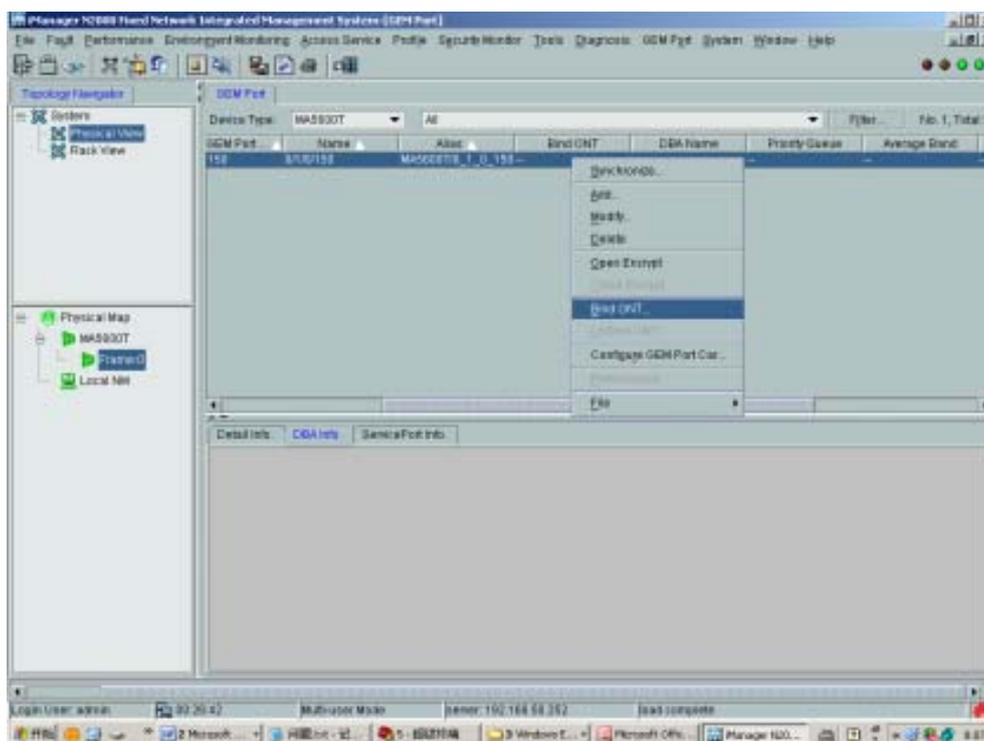
Seleccione del menú la opción "Access Service"→"GPON" → "ONT"  
 Elija "T-CONT Info" y haga clic derecho para enlazar el perfil DBA T-CONT especificado

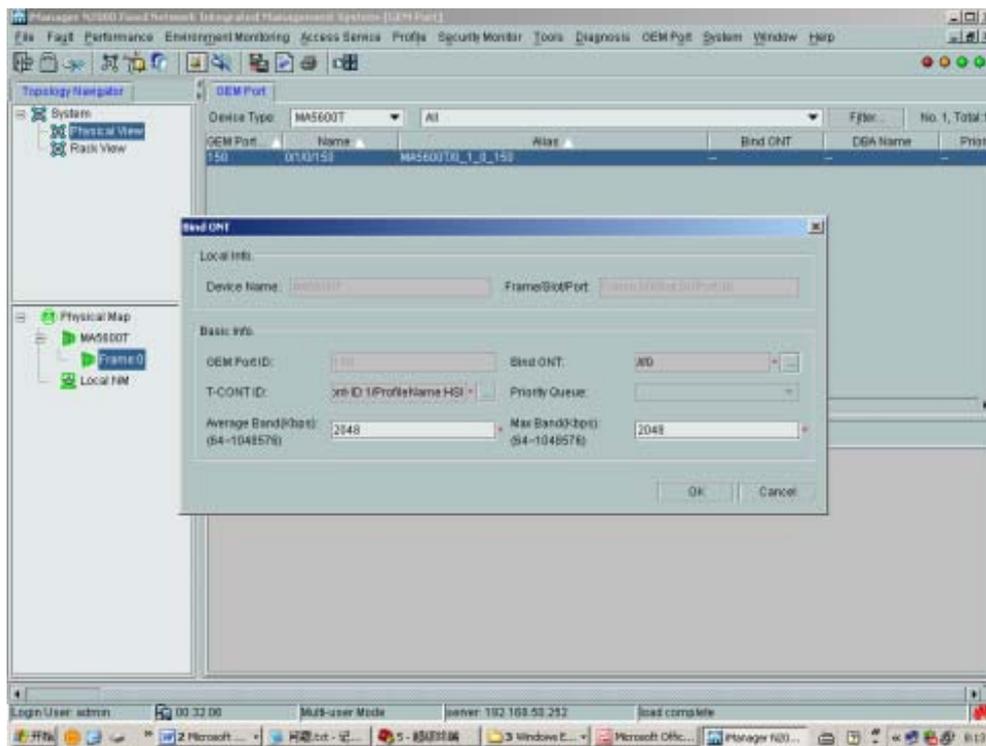




T-CONT Enlazar con Gem port

Seleccione del menú la opción "Access Service" → "GPON" → "GEM port"  
 Haga click en Gem port y elegir la opción "Bind ONT" de enlazar a la gempont en ONT el especificado

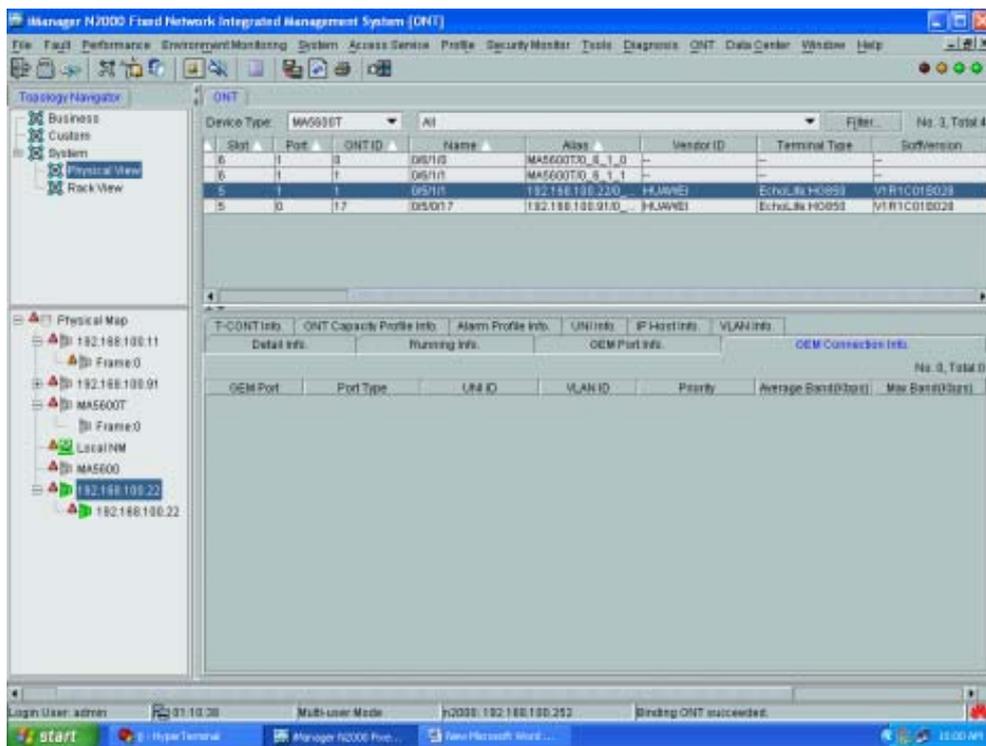


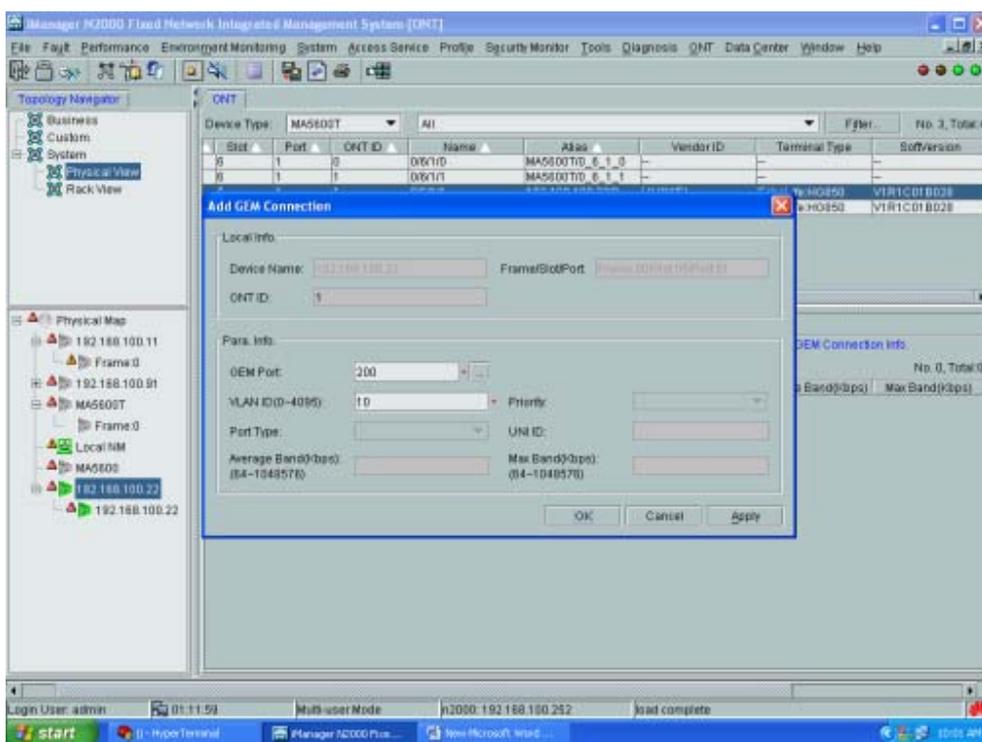


Gem port y con la asignación de usuarios-VLAN

Seleccione del menú la opción "Access Service" → "GPON" → "ONT"

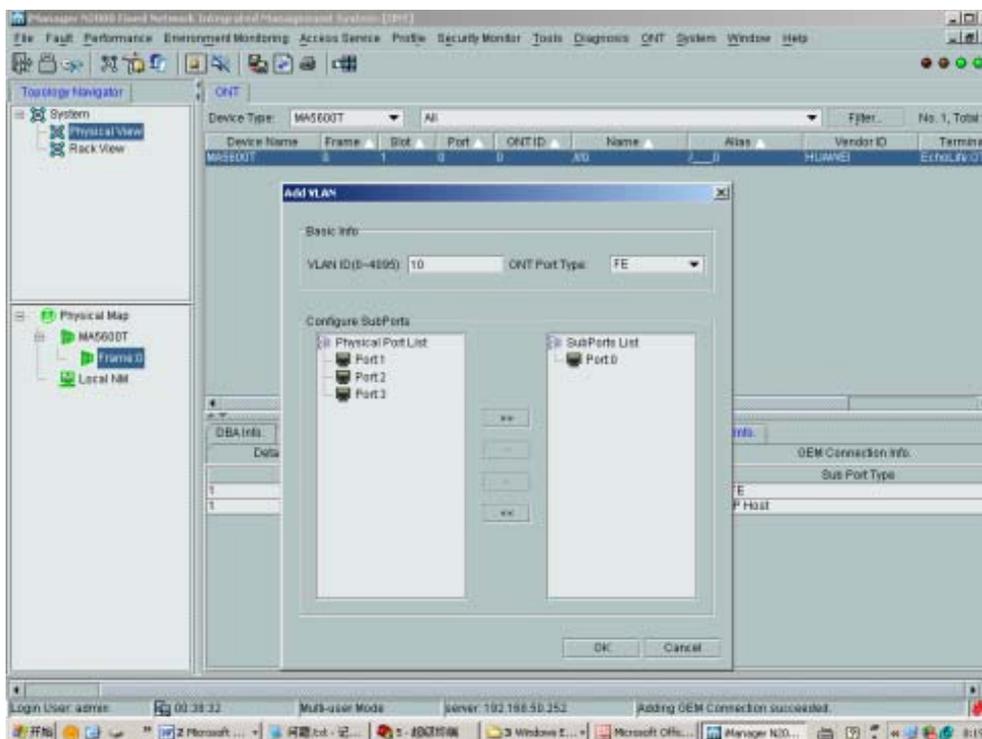
Seleccione la opción "GEM connection info" y haga clic derecho para agregar la conexión





Crear el usuario de VLAN en ONT

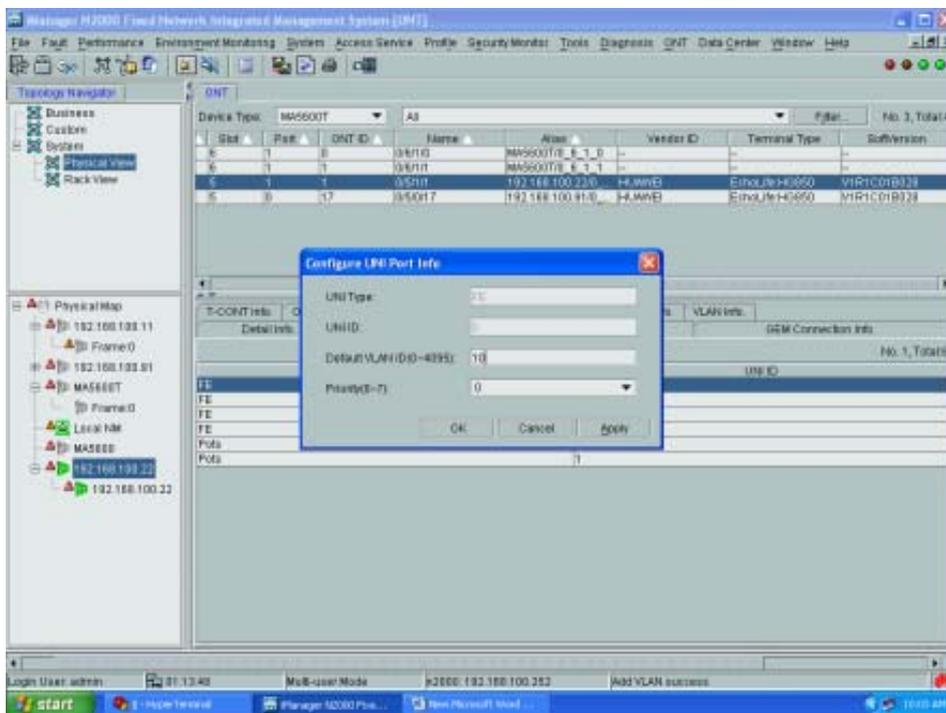
Seleccione del menú la opción "Access Service" → "GPON" → "ONT"  
Elija "VLAN info" y haga clic derecho para agregar el usuario vlan



Crear la VLAN nativa para el puerto ONT

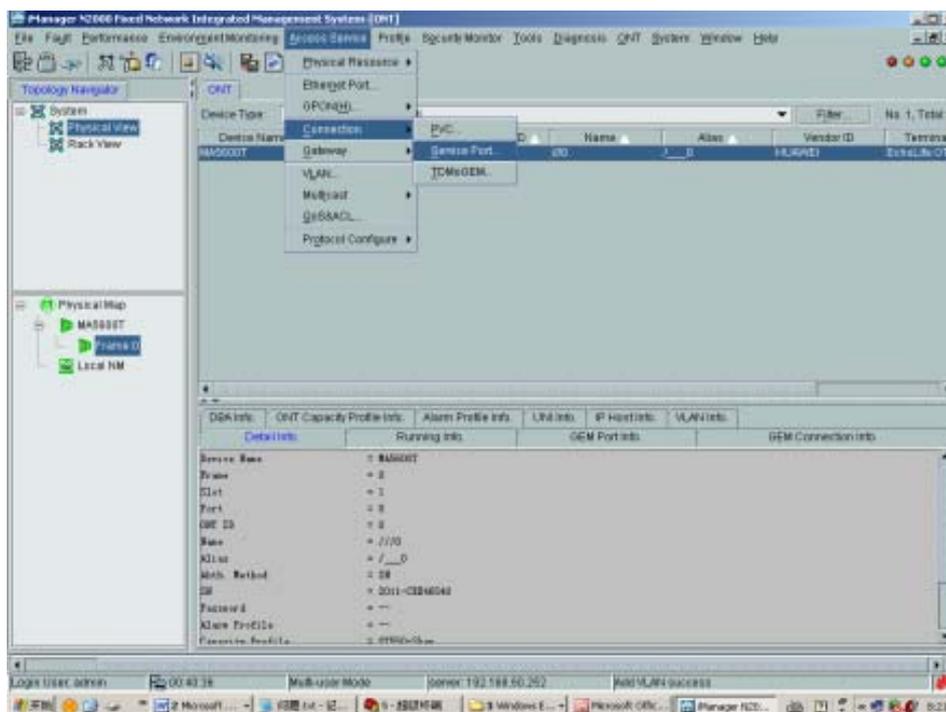
Seleccione del menú la opción "Access Service"→"GPON"→"ONT"

Seleccione "UNI info" y haga clic derecho para modificar la información de VLAN

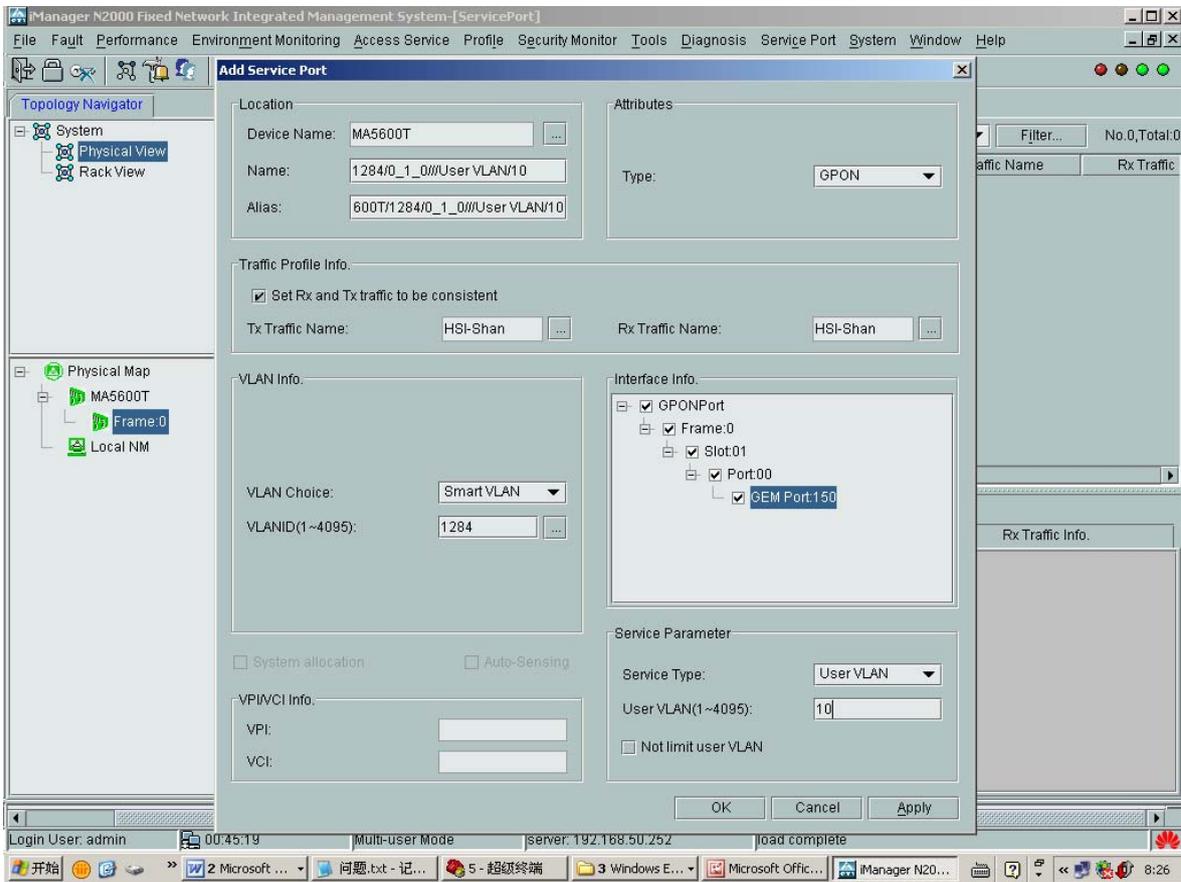


Agregar service port

Seleccione del menú la opción "Access Service"→"Connection"→"Service Port"



Click derecho y agregar “Add”

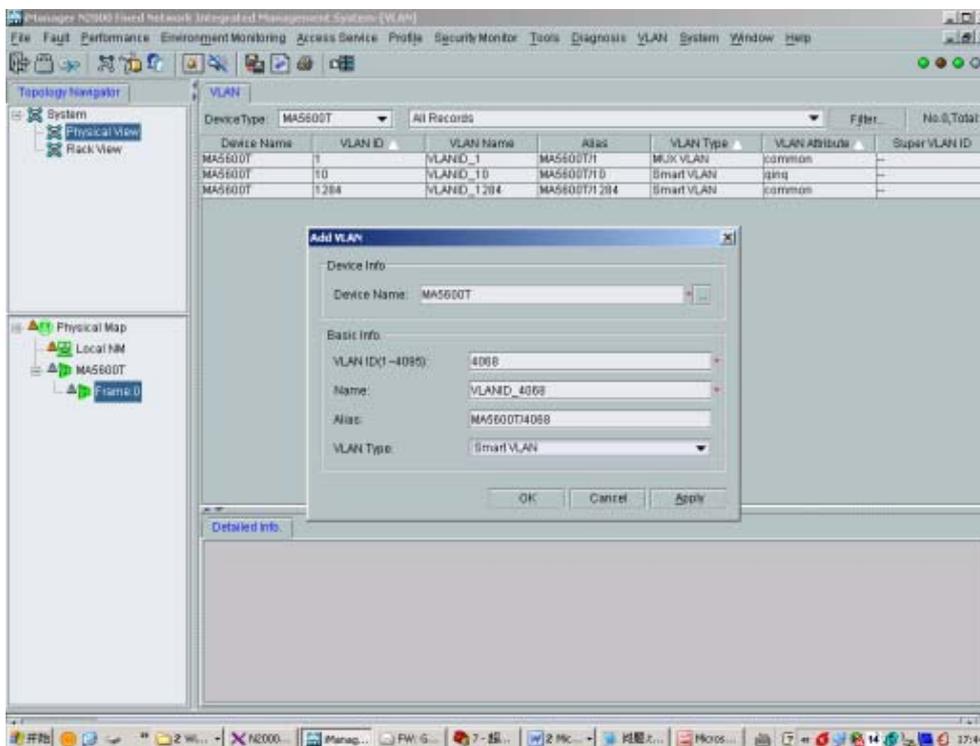


## Configuración IPTV

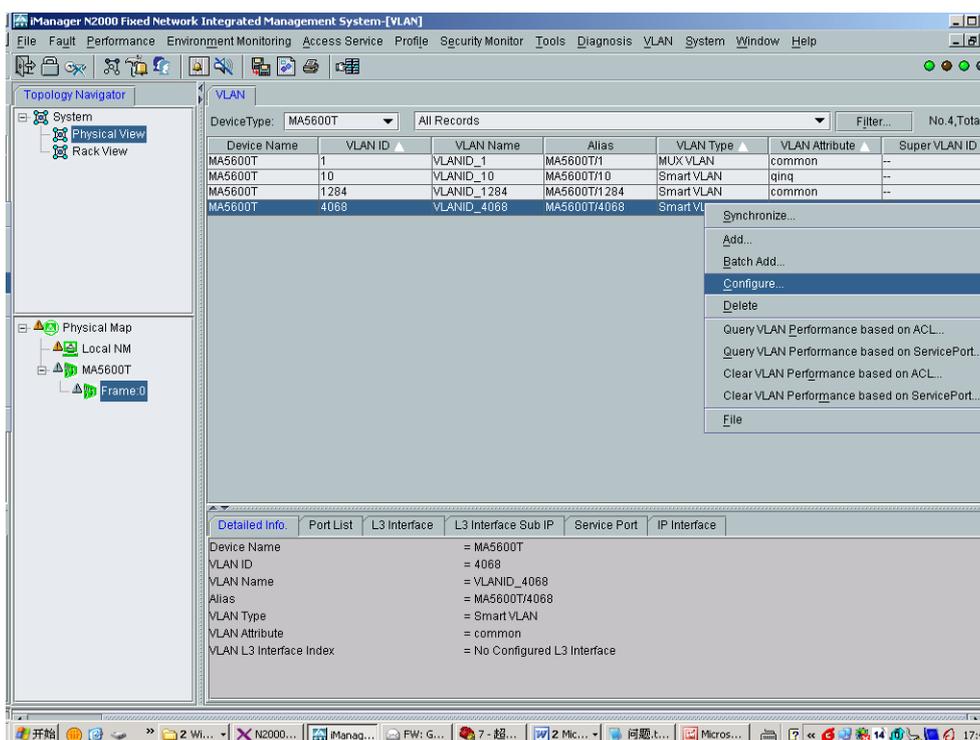
Hay algunos pasos adicionales, igual a HIS, si es por primera vez por favor siga la configuración HSI.

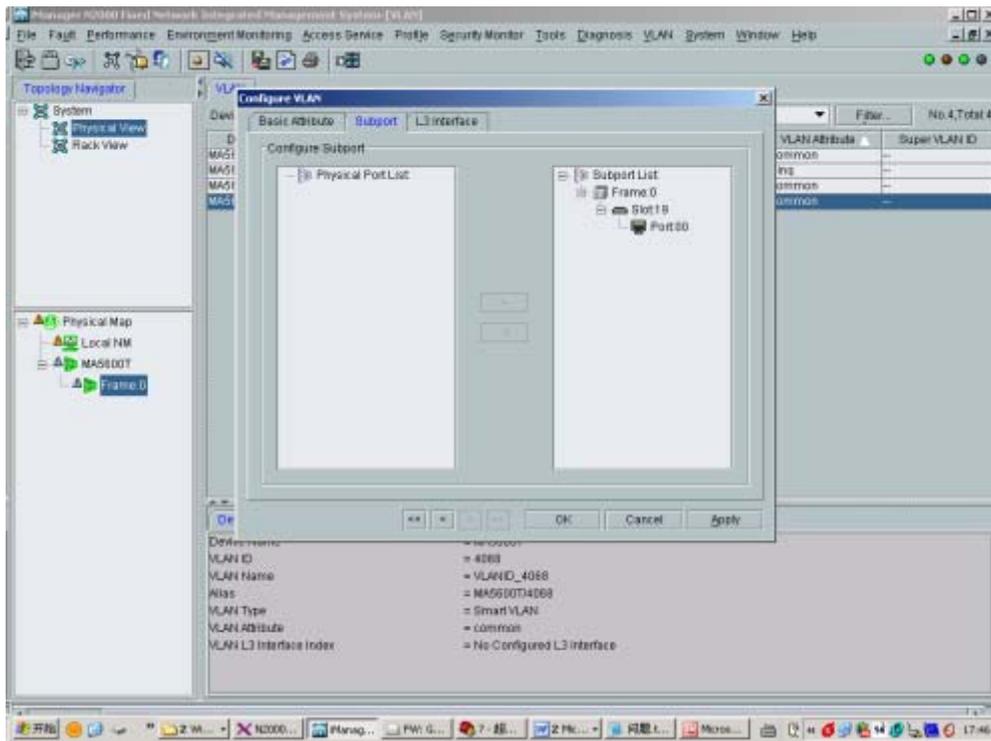
### Configurar IGMP Multicast VLAN

Seleccione la opción "Access Service"→"VLAN", haga clic derecho para crear VLAN

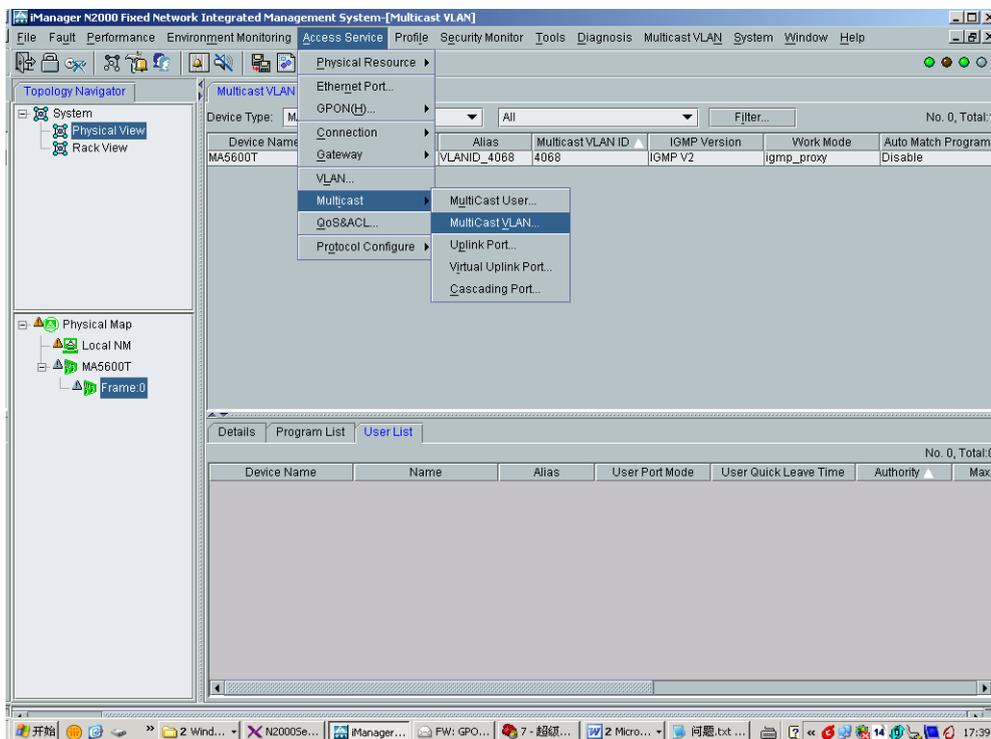


Haga clic derecho para seleccionar "Configure" y configurar el puerto de enlace ascendente de vlan 799

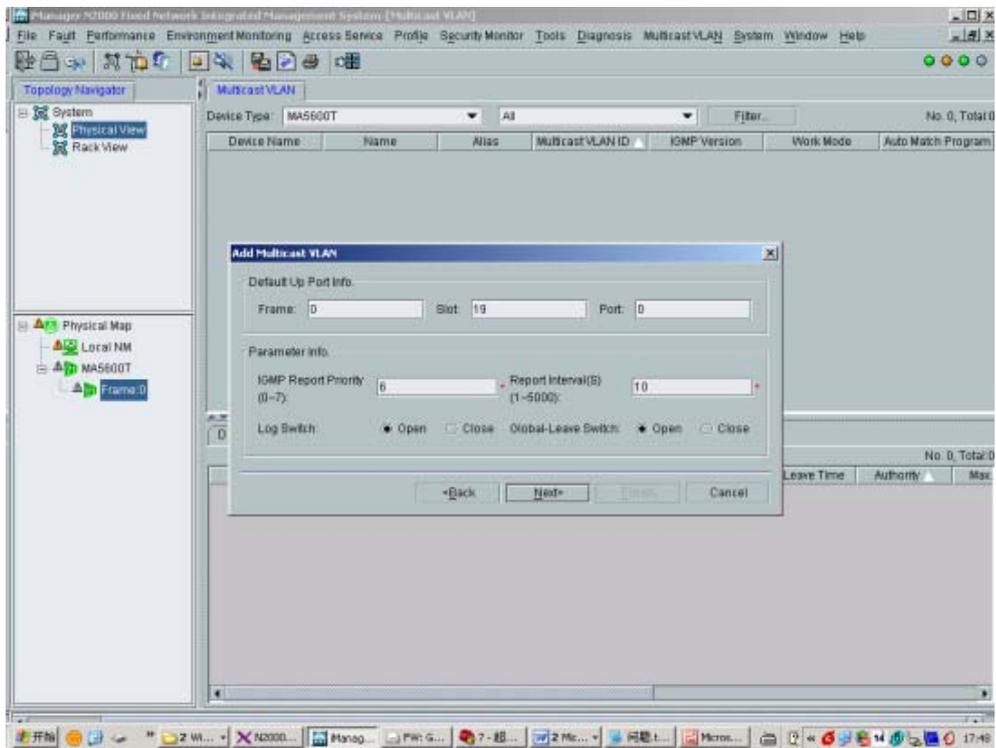
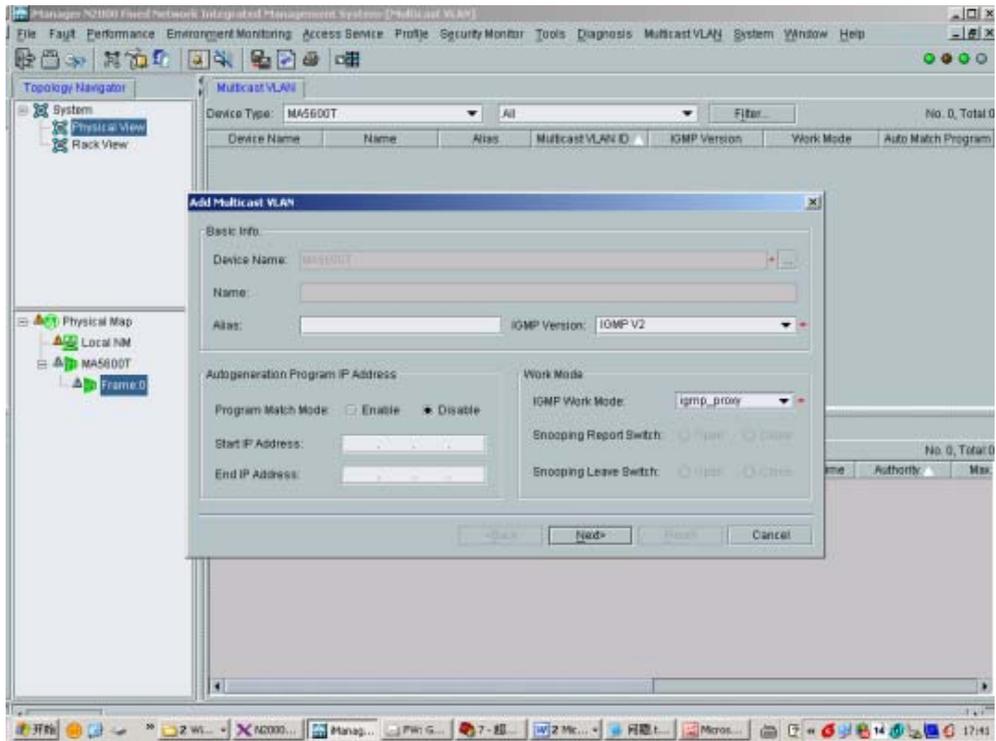


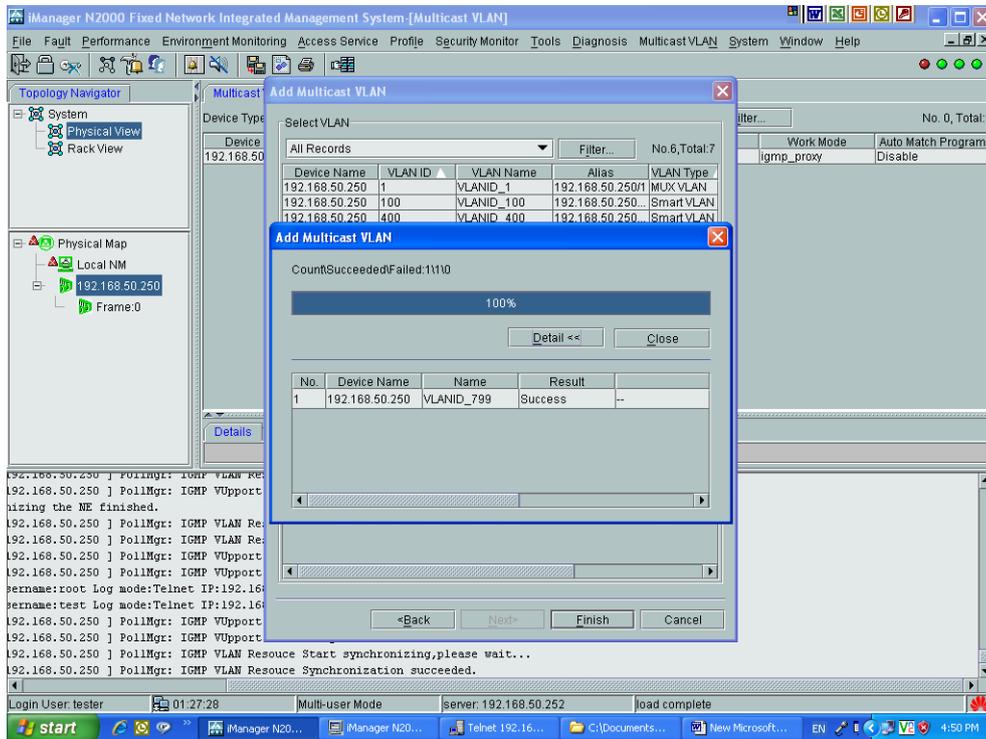
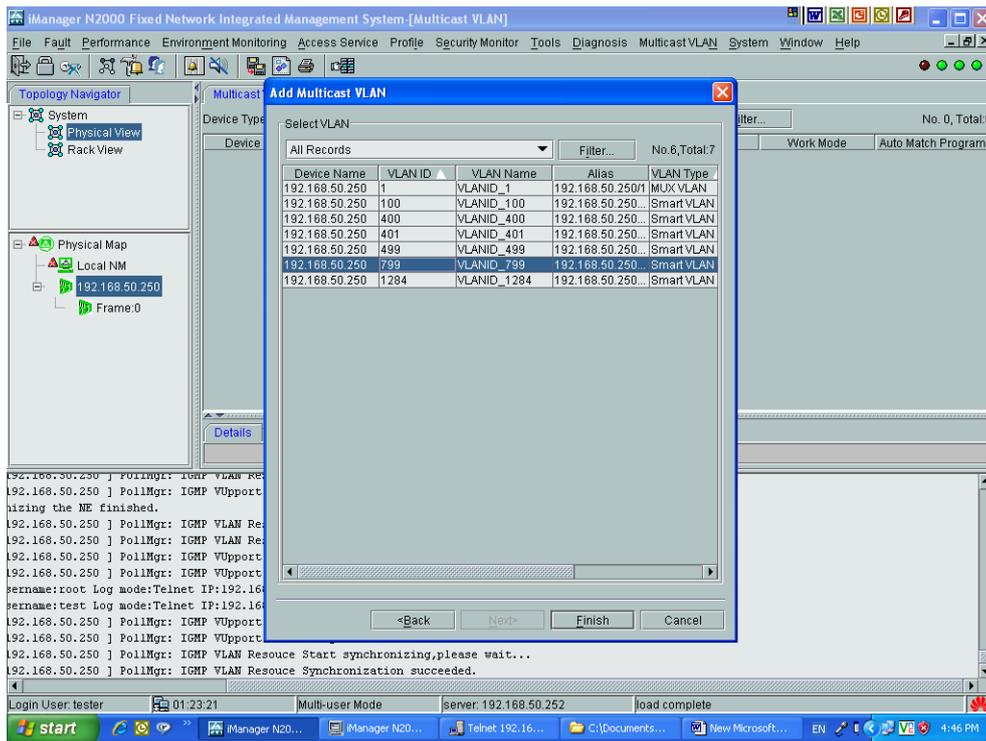


Seleccione del menú la opción "Access Service"→"Multicast"→"Multicast VLAN"



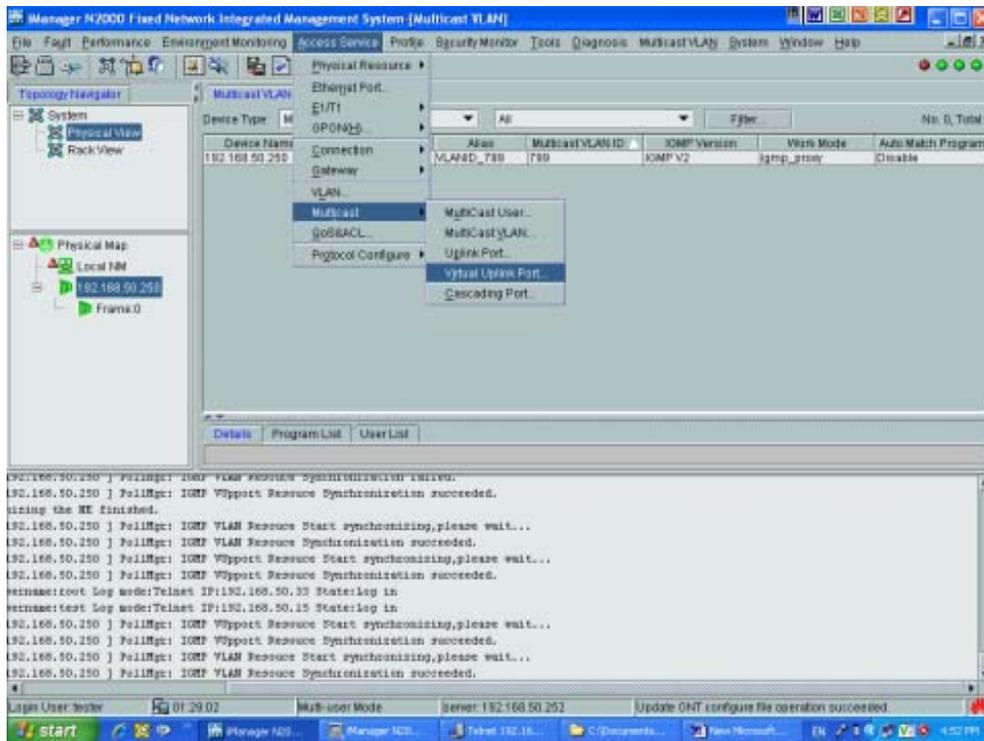
Click derecho en “Add” la VLAN multicast



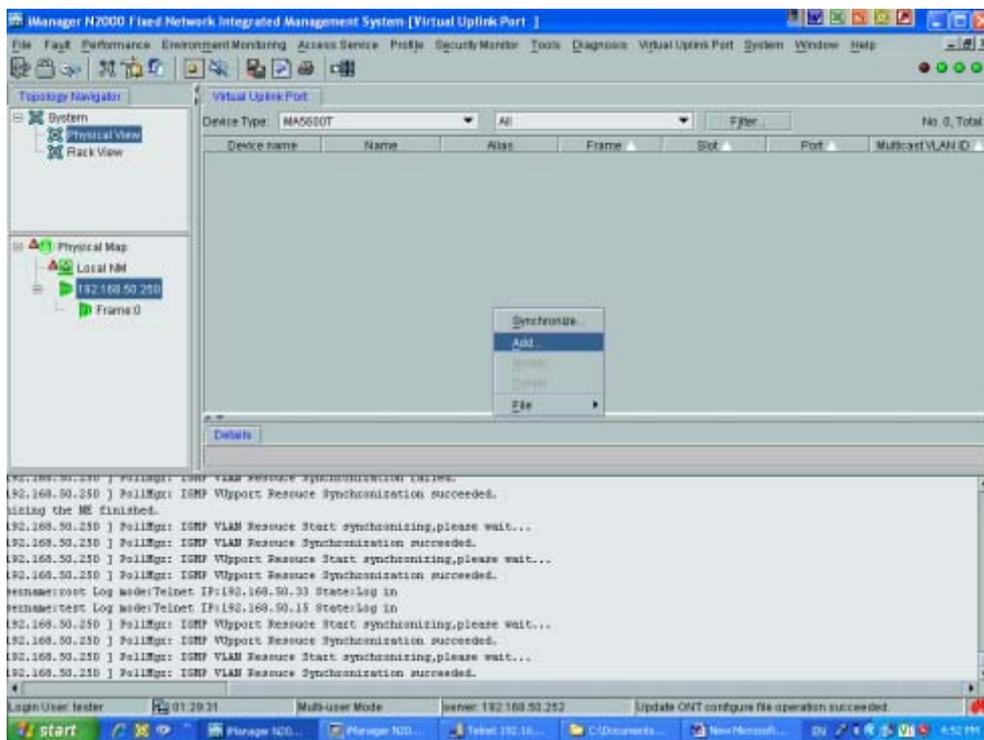


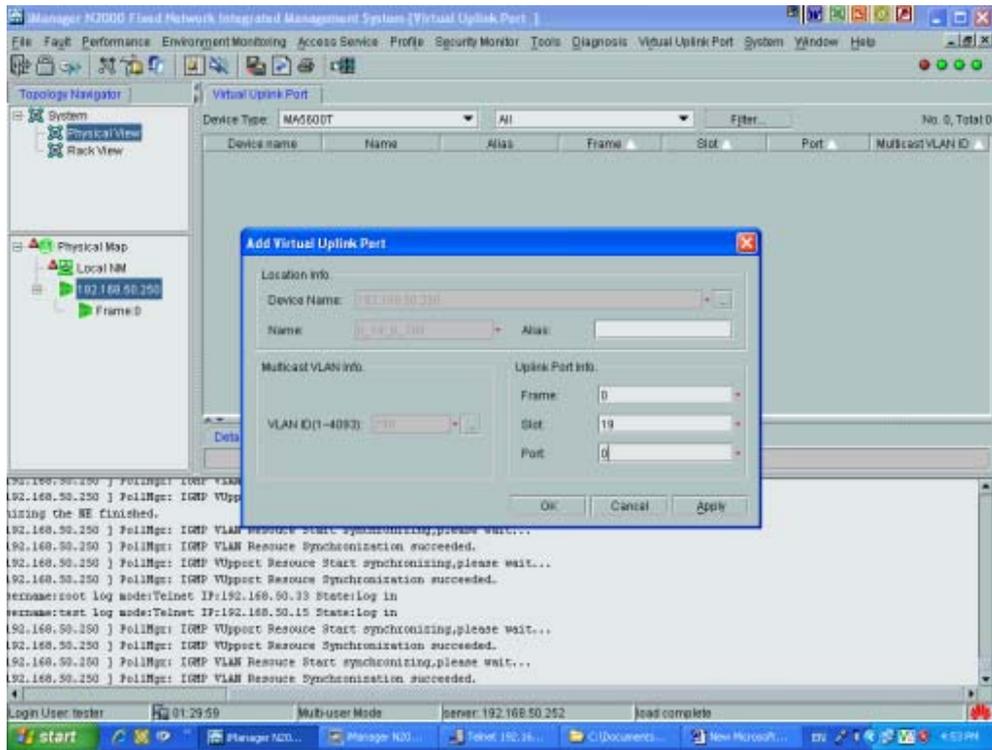
Crear puerto de enlace ascendente de multidifusión

Elija "Access Service" → "Multicast" → "Virtual Uplink port"



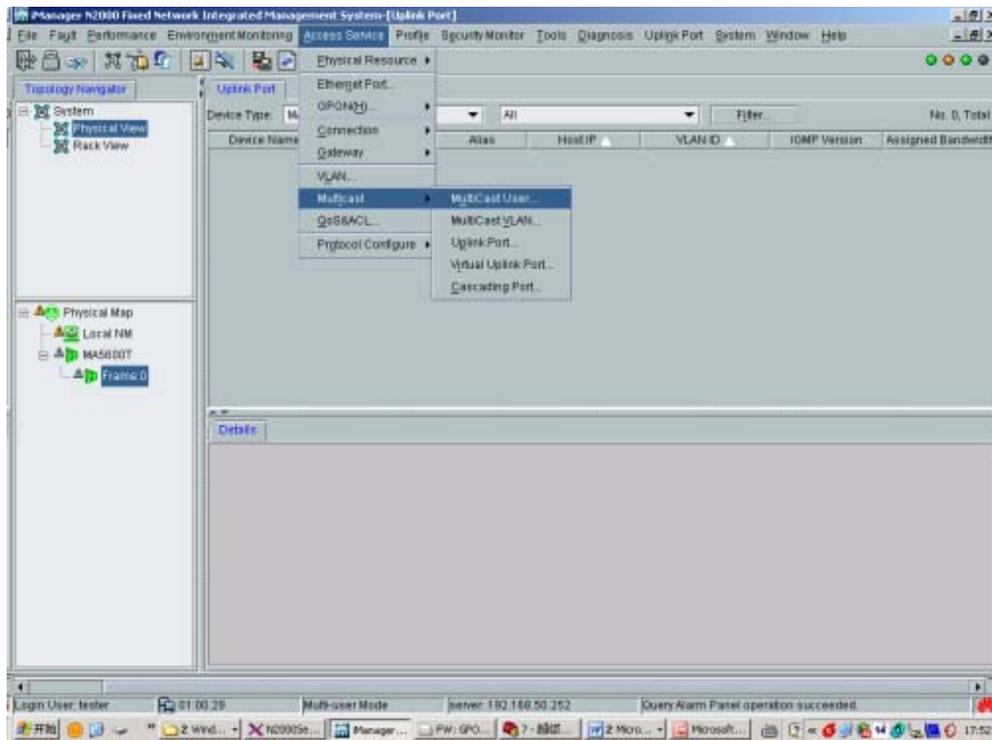
Click derecho para añadir el Puerto de enlace ascendente



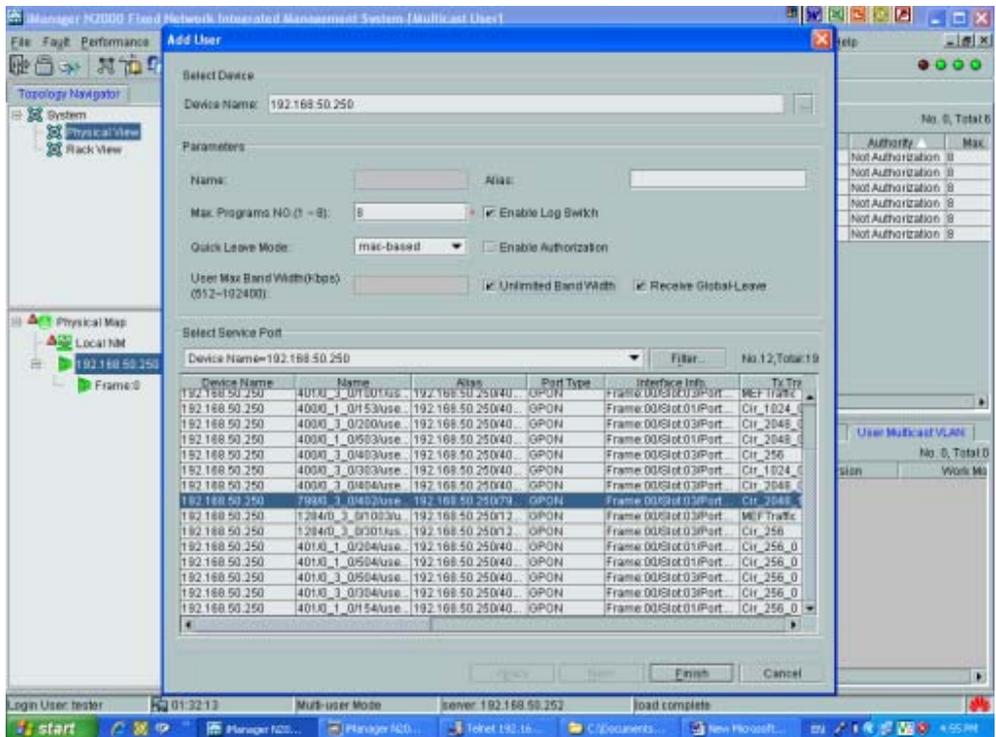
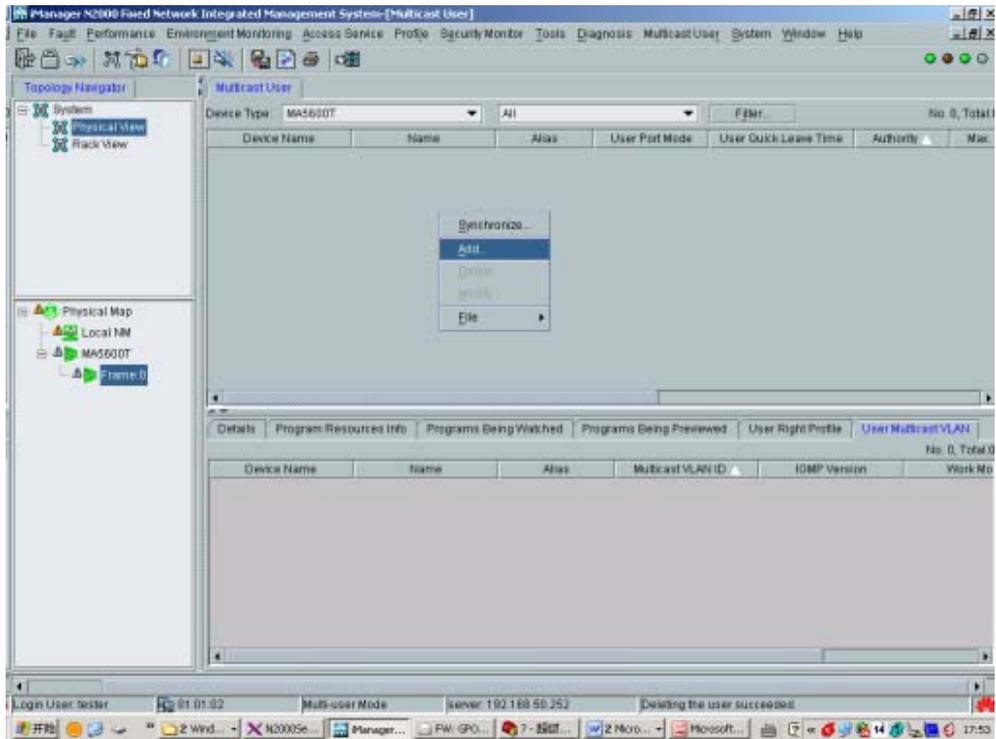


Agregue los usuarios IGMP

Elija desde el menú "Access service" → "Multicast" → "Multicast User"

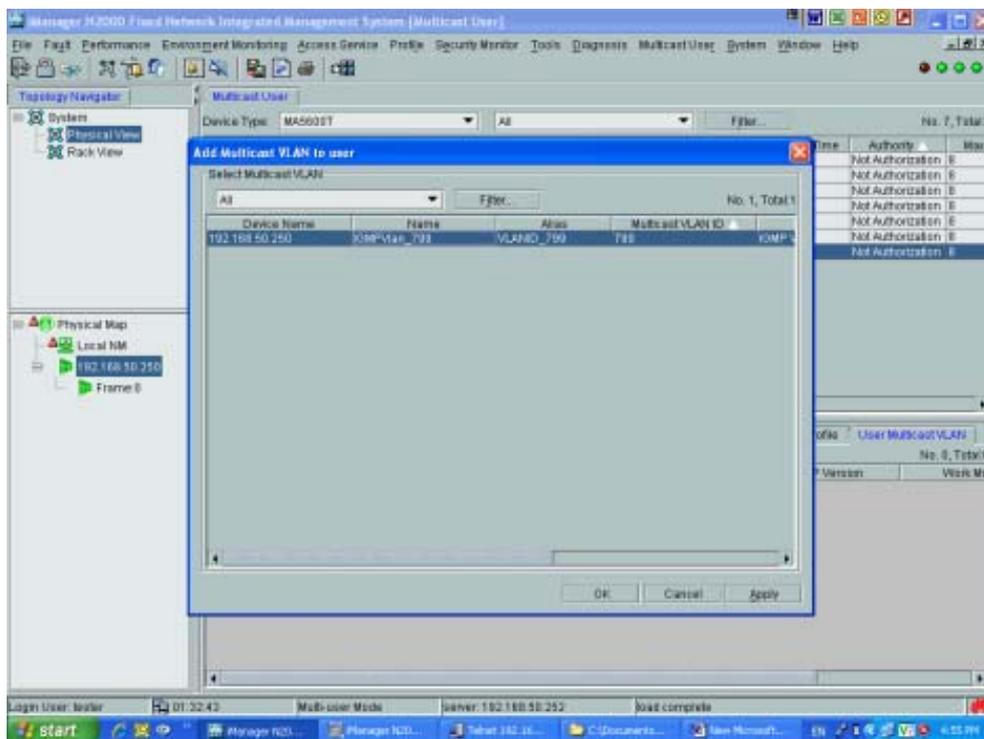
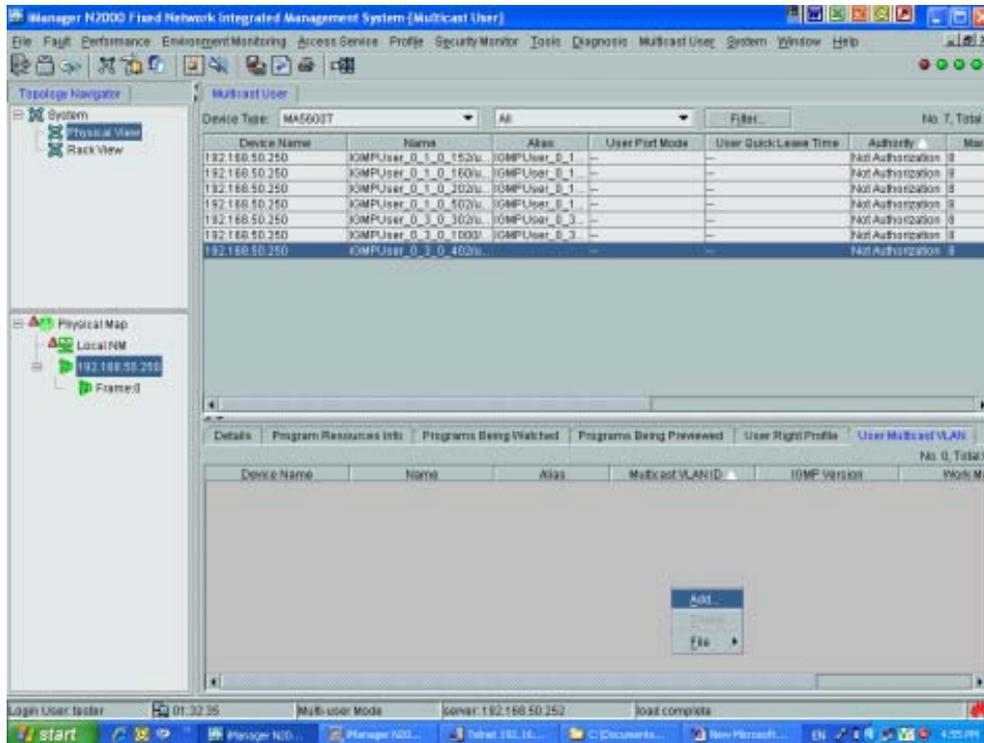


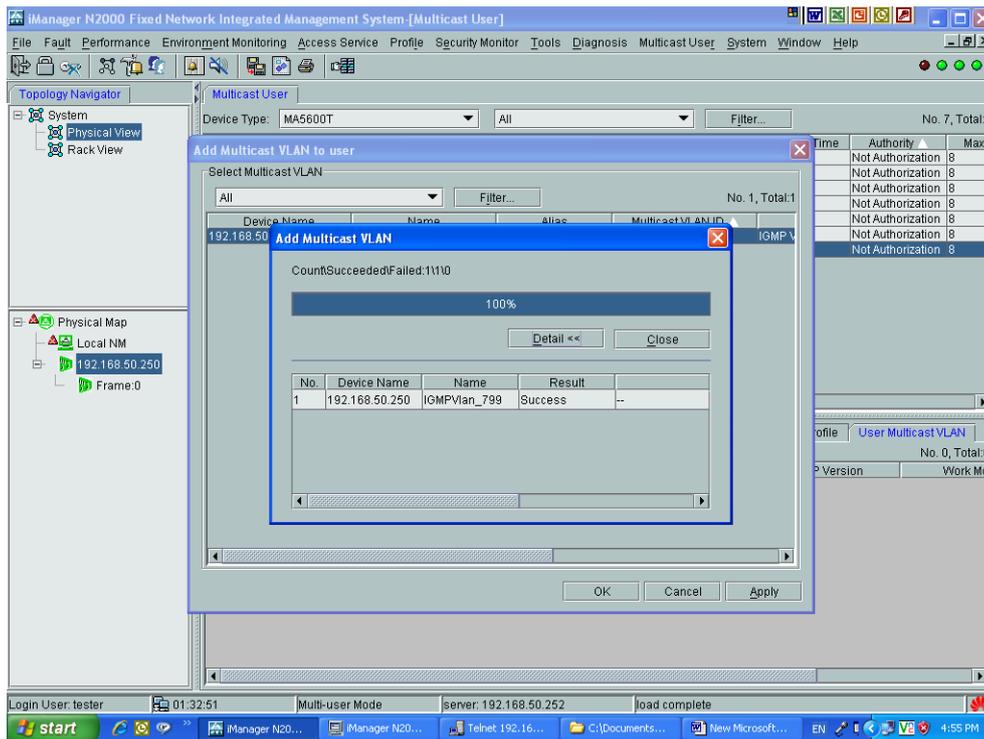
Click derecho y elegir "Add"



Crear el usuario multicast en el multicast VLAN

Seleccione el usuario especificado multicast-> “user multicast VLAN”, haga click derecho y elija la opción “Add”





### Configurar POTS– MGCP

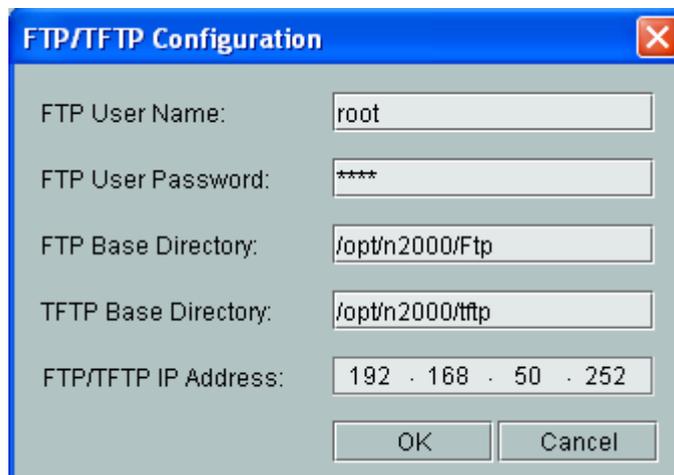
Siga el servicio HIS para finalizar la configuración OLT y ONT

Notas: El tipo de puerto de la ONT VLAN y VLAN nativa-vlan para la configuración debe ser IPHost para POTS-MGCP

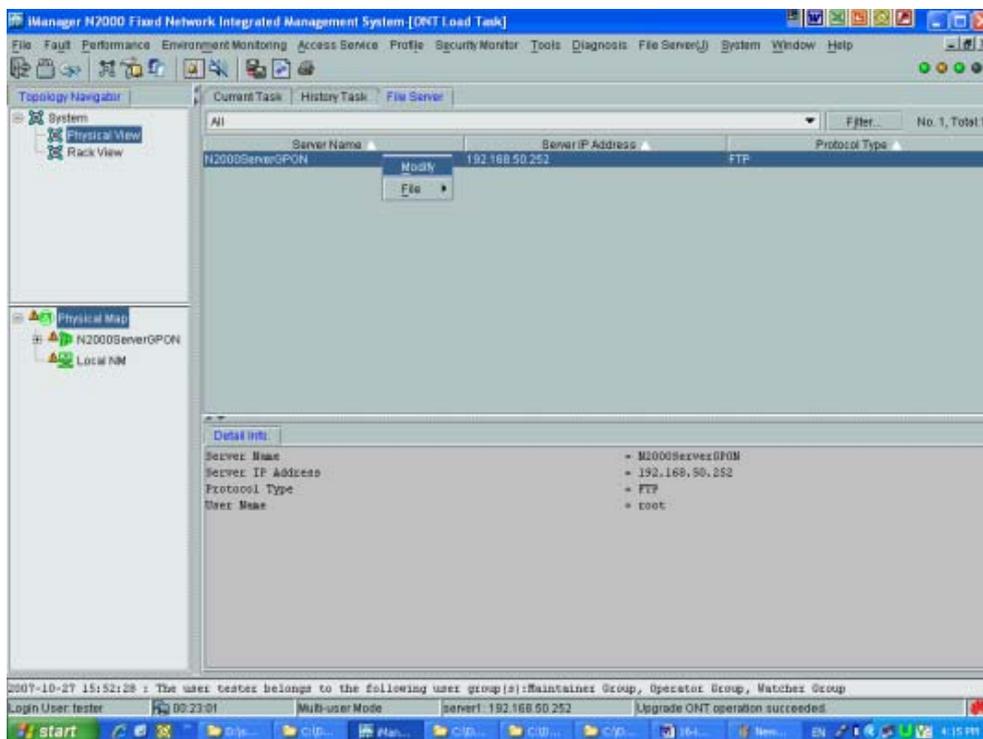
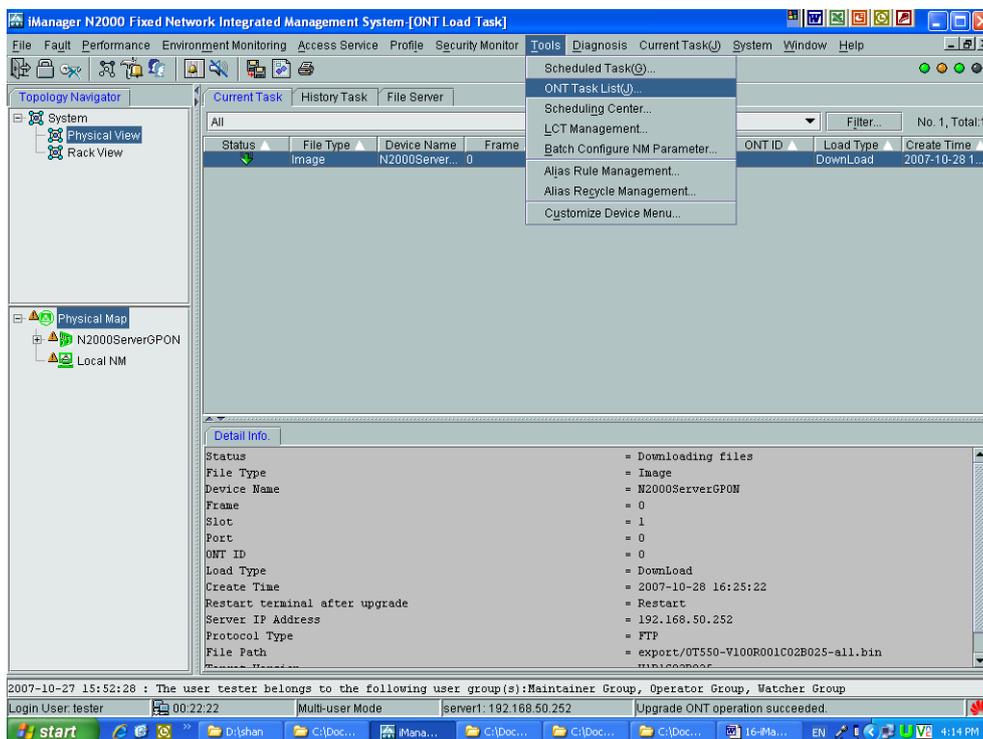
### Configuración del servidor FTP

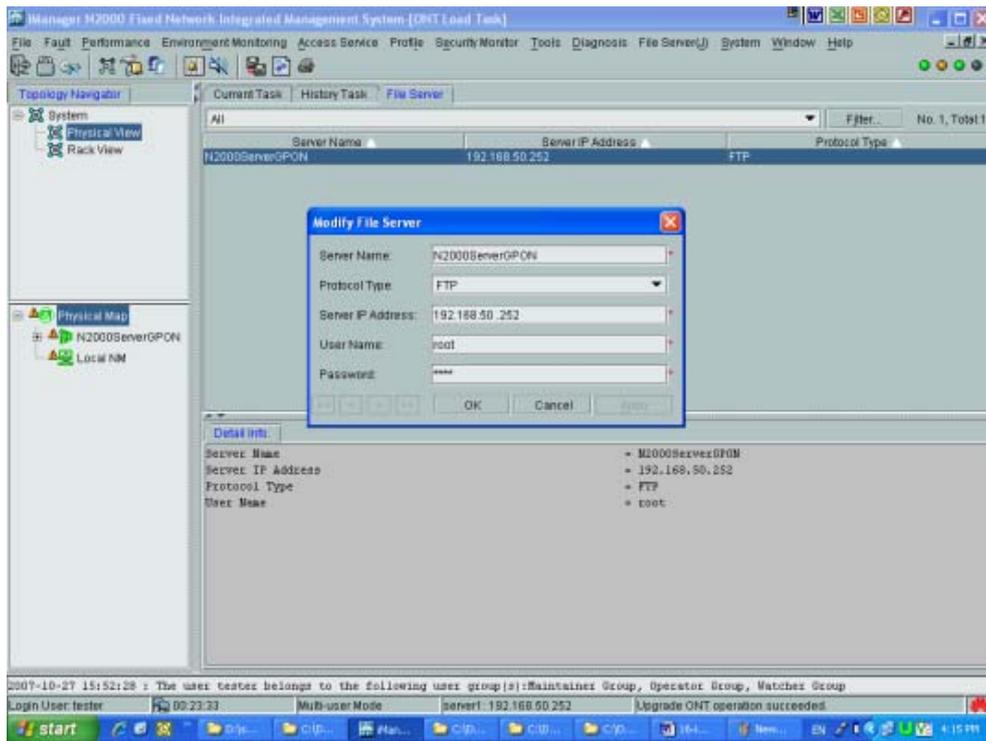
Configurar la información del servidor FTP para ONT voz y mejora de servicios

Configurar **【Performance】 – 【Configure】 – 【FTP/TFTP Configuration】**



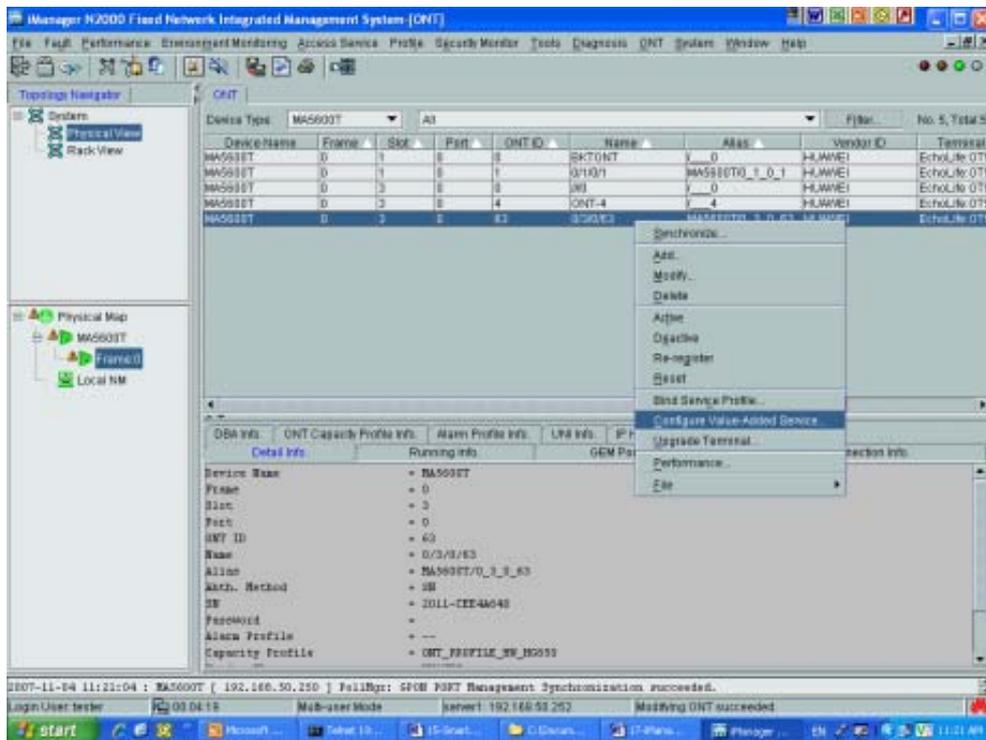
Para comprobar el proceso de carga el perfil, seleccione "Tools" → "ONT task list" → "File Server", haga clic derecho y elegir **【Modify】**



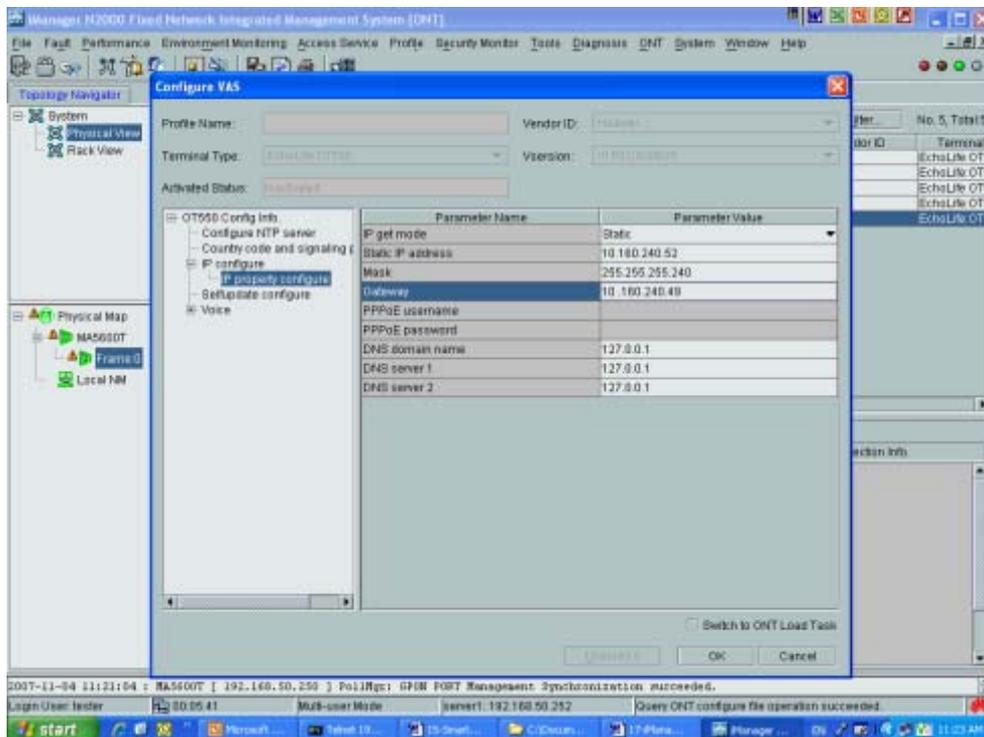
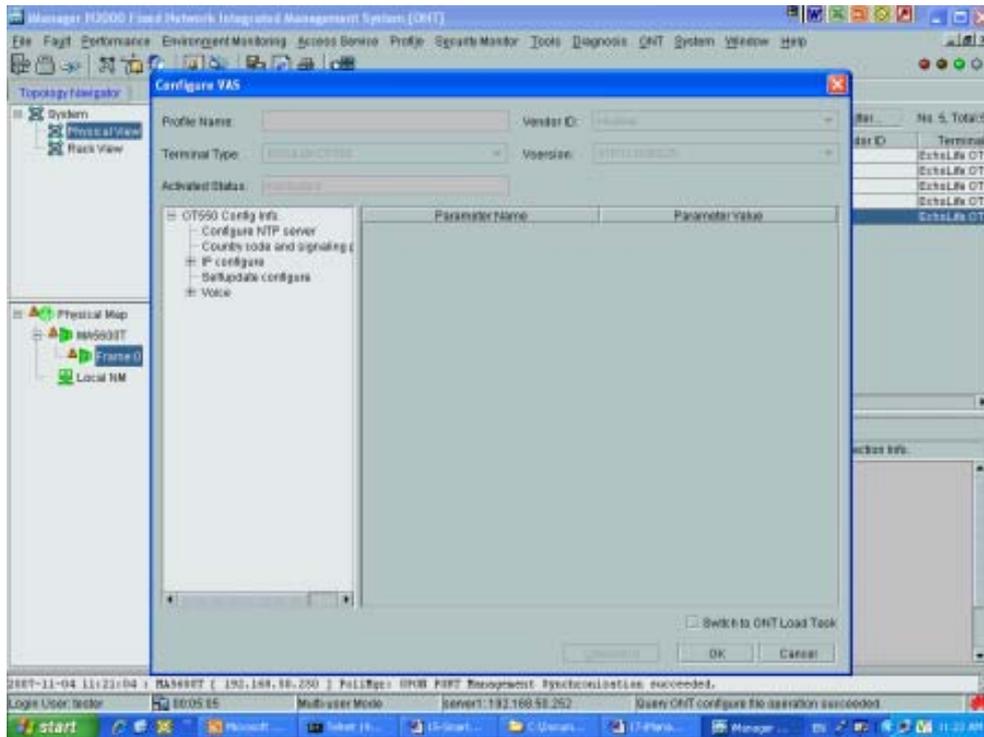


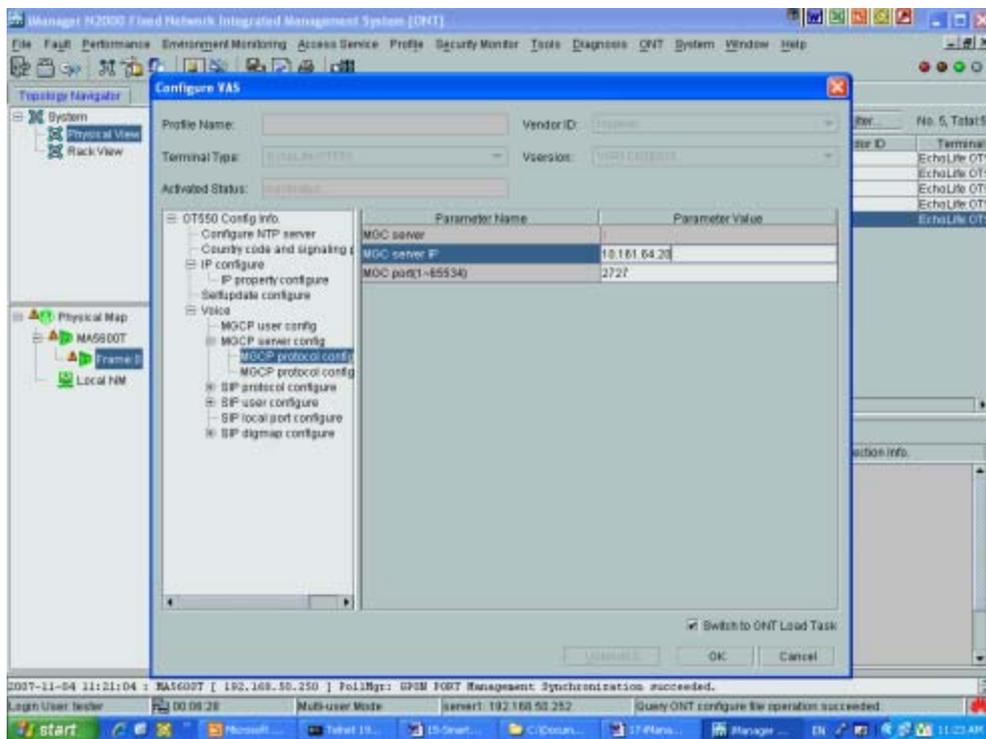
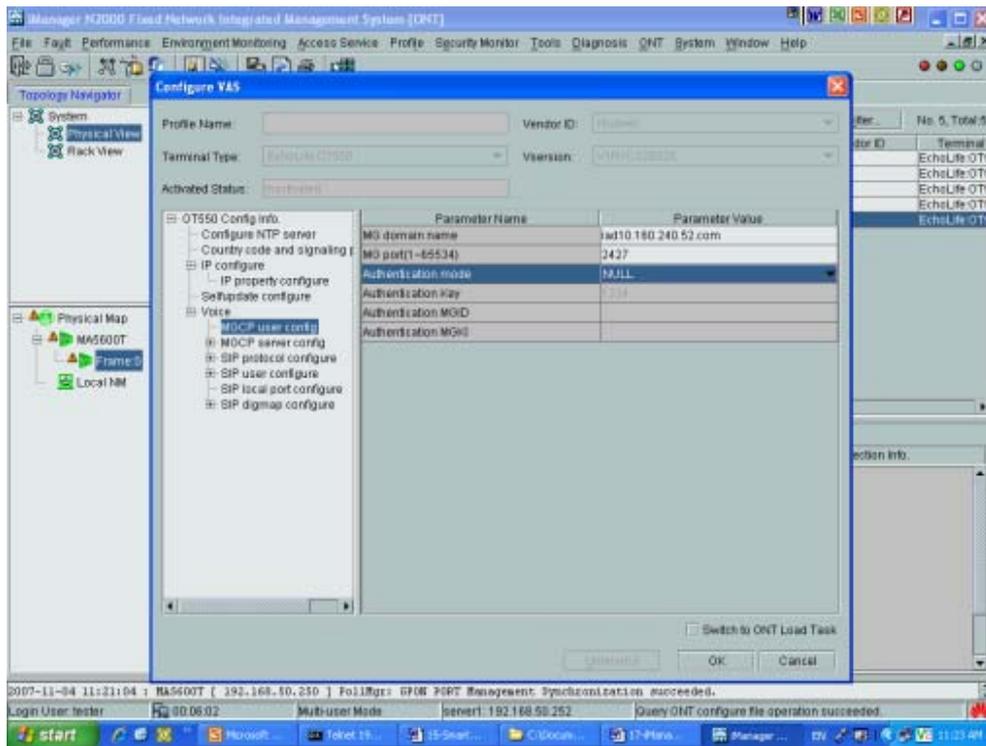
### Configuración MGCP

Para elegir la ONT correspondiente, haga clic derecho y elegir "Config Value Added Service"

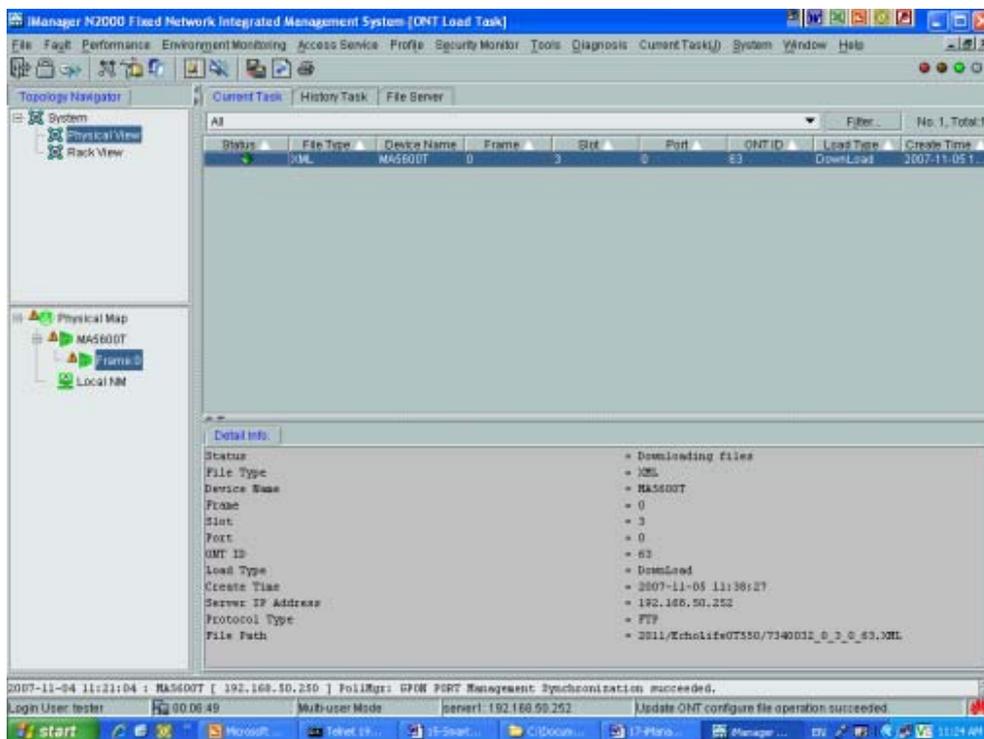
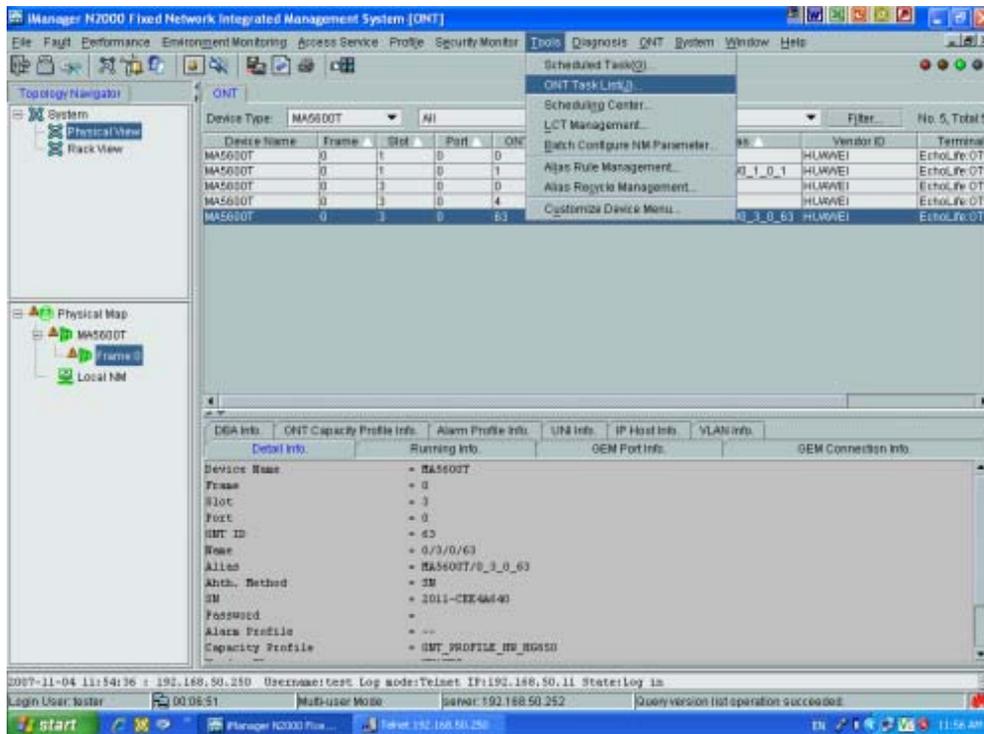


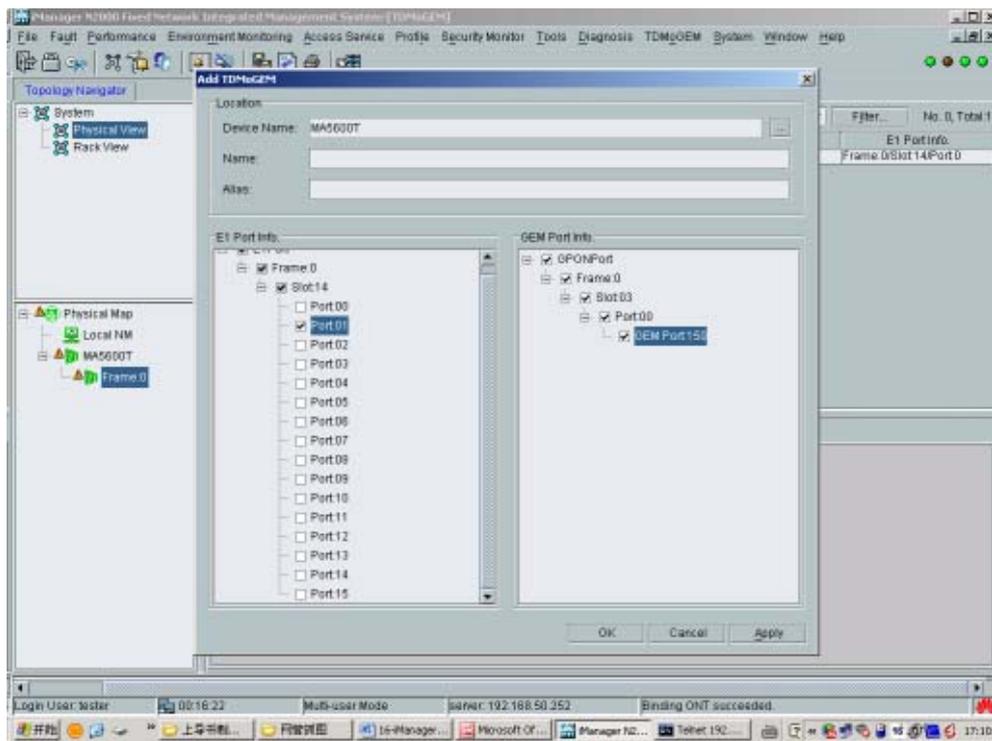
### Configurar parámetros “Voice”





Para comprobar el proceso de carga el perfil, seleccione "Tools"→"ONT task list"→ "Current task"





### 3.4 UBICACIÓN Y FORMA DE INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DE RED EN LOS PISOS IMPARES DEL EDIFICIO

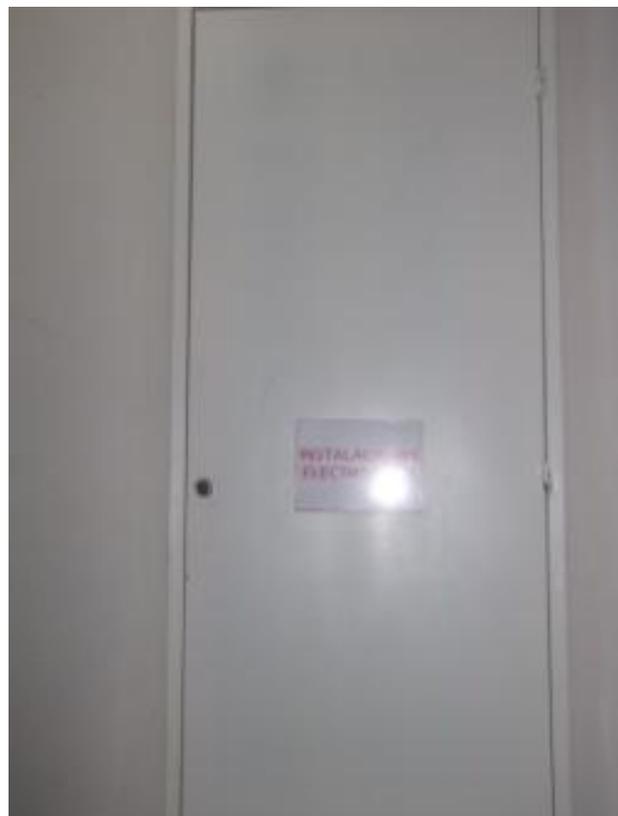




Figura 3.52 Tableros



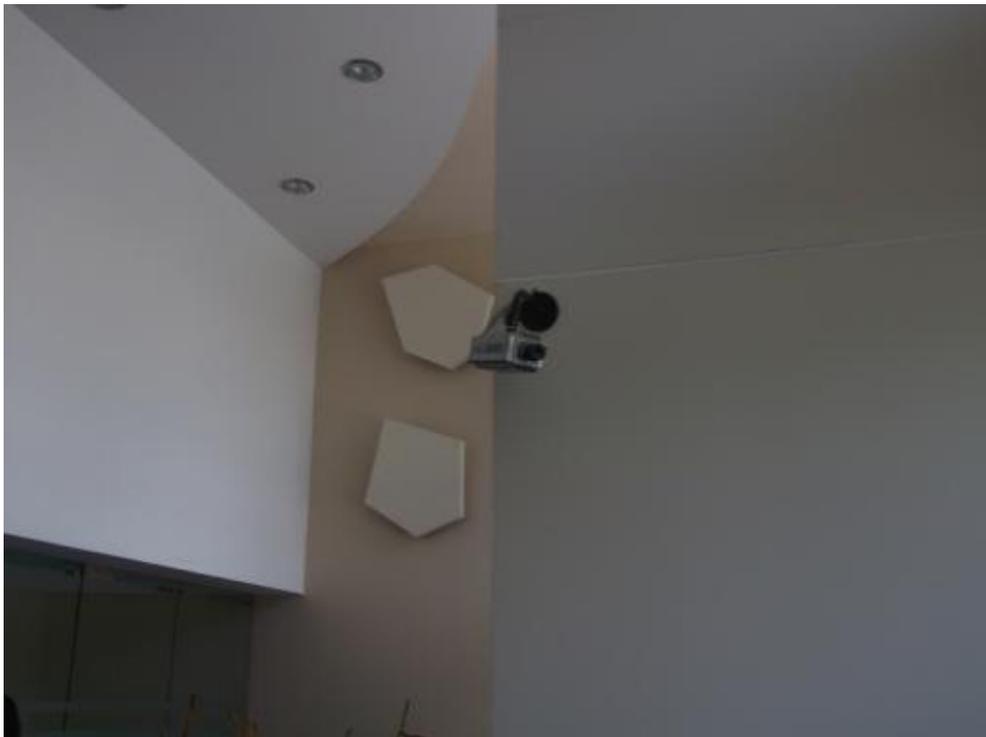
**Figura 3.53 Equipos ubicados en cada uno de los pisos impares:**



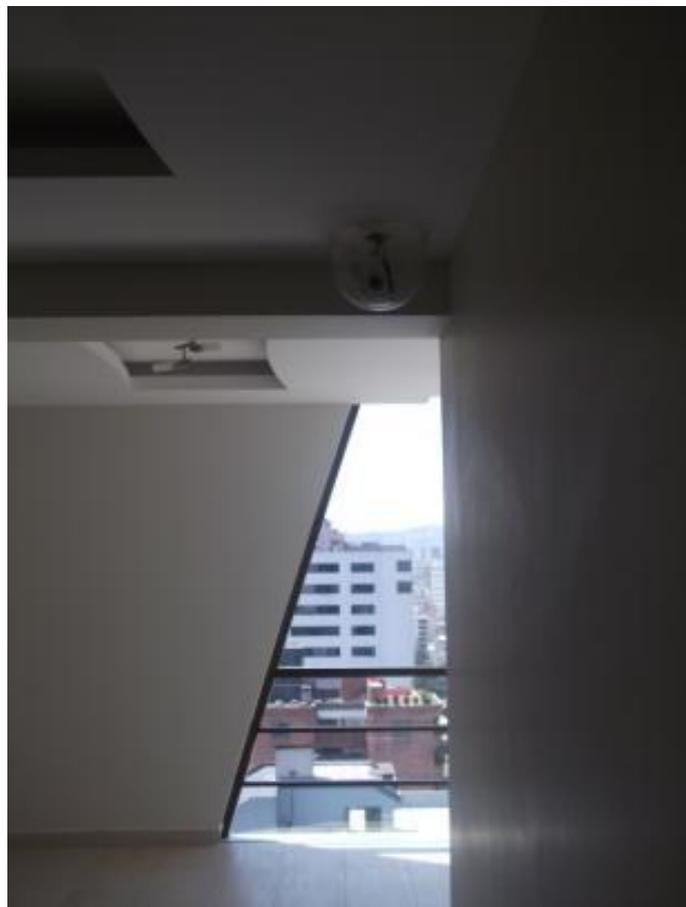
Figura 3.54 Vistas de los equipos ubicados en los tableros existentes en los pisos impares



**Figura 3.55 Ubicación de las cámaras de seguridad:**



**Figura 3.56 Cámaras ubicadas en el hall:**



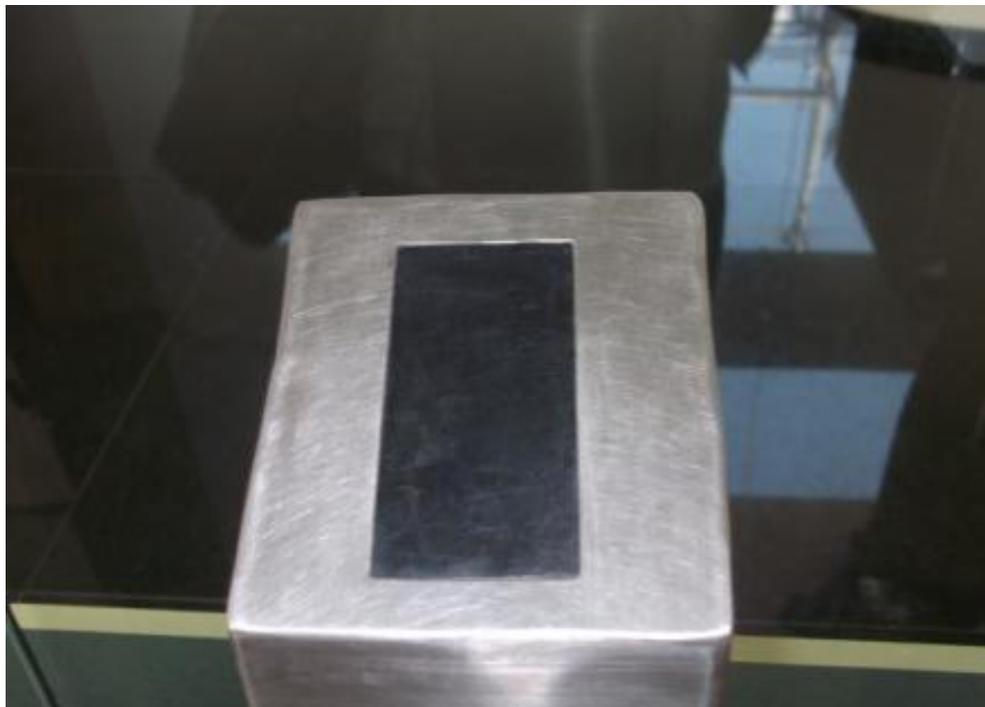


**Figura 3.57 Cámaras ubicadas en los diferentes pisos**





**Figura 3.58 Puerta de ingreso al edificio**





**Figura 3.59** Control de acceso ubicado en la hall Entrada principal









**Figura 3.60 Cámaras y controles de acceso ubicados en los subsuelos**

### **3.5 CÁLCULOS REALIZADOS**

La siguiente tabla da a conocer las asignaciones y propietarios de las oficinas ubicadas en el Edificio Libertador, así como el nombre de la red denominada 10.10.20, las direcciones IP asignadas a cada una al igual que sus máscaras de red.

Tabla 3.5 Direcciones IP asignadas a los usuarios

## DIRECCIONES IP ASIGNADAS EDIFICIO LIBERTADOR

PISO	OFICINA	PROPIETARIO	RED: 10,10,20,		
			IP	MASCARA	GATEWAY
2	201		2	252	1
	202	Rodríguez Torres Vicenta Manuela	6	252	5
		Local comercial	10	252	9
		Administración	14	252	13
		Cuarto de control (sin internet)	254	0	
		maquina 1	18	248	17
			19	248	17
			20	248	17
3	301	Mera Villota Graciela Elena	26	252	25
	302	Yupangui Carrillo Yolanda de las M.	30	252	29
	303	Garcés Llerena Raúl Olmedo	34	252	33
	304	Arcalla Galarza Tomas Germán	38	252	37
4	401	Bucheli Mora Nuria Alexandra	42	252	41
	402	Bucheli Mora Nuria Alexandra	46	252	45
	403		50	252	49
	404		54	252	53
5	501	Sánchez Gomes Sandra Elena	58	252	57
	502	María de Carmen Mantilla Bolinova	62	252	61
	503	Consulssac	66	252	65
	504		70	252	69
6	601	Ríos Gómez María Augusta Guadalupe	74	252	73
	602	Zarate Vallejo María Odilla	78	252	77
	603	Balarezo Ortega Manuel Antonio	82	252	81
	604		86	252	85
7	701	Ordoñez Oña Maritza Janet	90	252	89
	702		94	252	93
	703	Silva Larrea Gonzalo Patricio	98	252	97
	704	Vizersyi Viacheslav Valeri Idvich	102	252	101
8	801	Muñoz Páez Manuel Ulpiano	106	252	105
	802		110	252	109
	803		114	252	113
	804	Vizersyi Viacheslav Valeri Idvich	118	252	117
9	901	Vizuette Guerrero Sonia Mónica	122	252	121
	902	Martínez Pico Freddy Eduardo	126	252	125
	903	Vergara Yupangui Mónica del Rocío	130	252	129
	904	Regalado	134	252	133
10	1001	Zambrano Chavez Xavier universo	138	252	137
	1002		142	252	141
	1003	Regalado Rosero Sandra Lucia	146	252	145
	1004		150	252	149
11	1101	Herdoiza Dávila Viviana María	154	252	153
	1102	Herdoiza Dávila Viviana María	158	252	157
	1103	Herdoiza Dávila Viviana María	162	252	161
	1104	Herdoiza Dávila Viviana María	166	252	165
12	1201	Raphael Alvarado	170	252	169
	1202	Loaiza Vivanco Luis Efrén	174	252	173
	1203	Martínez Velastegui Ana Karina	178	252	177
	1204	Constructora Onyx s.a	182	252	181
13	1301	Pisos y Válvulas tec. Pivaltec	186	252	185
	1302		190	252	189
	1303		194	252	193
	1304		198	252	197
14	1401	Cabezas & Wray Abogados	202	252	201
	1402	Cabezas & Wray Abogados	206	252	205
	1403	Cabezas & Wray Abogados	210	252	209
	1404	Cabezas & Wray Abogados	214	252	213
15	1501	Rosero Gutiérrez Jorge Oliver	218	252	217
	1502	Rosero Gutiérrez Jorge Oliver	222	252	221
	1503	Rosero Gutiérrez Jorge Oliver	226	252	225
	1504	Rosero Gutiérrez Jorge Oliver	230	252	229
16		Auditorio	234	252	233
	1601	Rosero Gutiérrez Jorge Oliver	238	252	237
17		Cafetería	242	252	241
1		Recepción	246	252	245

En esta tabla se presentan los cálculos basados en la tabla anterior, en la cual se dan a conocer los valores que corresponden a voz y datos. Se debe especificar que las oficinas que no están siendo ocupadas aún están tomadas en cuenta como si lo estuvieran con el afán de saber el máximo alcance de la red Gpon.

**Tabla 3.6 Cálculo de ancho de bandas**

CALCULO DE BANDAS PARA LAS REDES DE DATOS Y DE VOZ

PISO	OFICINA	PROPIETARIO	REDES	
			INTERNET DATOS	TELEFONÍA IP VOZ
2	201		256	64
	202	Rodríguez Torres Vicenta Manuela	256	64
		Local comercial	256	64
		Administración	256	64
		Cuarto de control (sin internet)	256	64
		maquina 1	256	64
			256	64
			256	64
3	301	Mera Villota Graciela Elena	256	64
	302	Yupanqui Carrillo Yolanda de las M.	256	64
	303	Garcés Llerena Raúl Olmedo	256	64
	304	Arcalla Galarza Tomas Germán	256	64
4	401	Bucheli Mora Nuria Alexandra	256	64
	402	<b>Bucheli Mora Nuria Alexandra</b>	256	64
	403		256	64
	404		256	64
5	501	Sánchez Gomes Sandra Elena	256	64
	502	<b>María de Carmen Mantilla BOLINOVA</b>	256	64
	503	<b>Consulssac</b>	256	64
	504		256	64
6	601	Ríos Gómez María Augusta Guadalupe	256	64
	602	Zarate Vallejo María Odilla	256	64
	603	Balarezo Ortega Manuel Antonio	256	64
	604		256	64
7	701	Ordoñez Oña Maritza Janet	256	64
	702		256	64
	703	Silva Larrea Gonzalo Patricio	256	64
	704	Vizersyi Viacheslav Valeri Idvich	256	64
8	801	<b>Muñoz Páez Manuel Ulpiano</b>	256	64
	802		256	64
	803		256	64
	804	Vizersyi Viacheslav Valeri Idvich	256	64
9	901	Vizuette Guerrero Sonia Mónica	256	64
	902	Martínez Pico Freddy Eduardo	256	64
	903	Vergara Yupanqui Mónica del Rocío	256	64
	904	Regalado	256	64
10	1001	<b>Zambrano Chávez Xavier universo</b>	256	64
	1002		256	64
	1003	Regalado Rosero Sandra Lucia	256	64
	1004		256	64
11	1101	Herdoiza Dávila Viviana María	256	64
	1102	Herdoiza Dávila Viviana María	256	64
	1103	Herdoiza Dávila Viviana María	256	64
	1104	Herdoiza Dávila Viviana María	256	64
12	1201	<b>Raphael Alvarado</b>	256	64
	1202	Loaiza Vivanco Luis Efrén	256	64
	1203	Martínez Velastegui Ana Karina	256	64
	1204	Constructora Onyx s.a	256	64
13	1301	Pisos y Válvulas tec. Pivaltec	256	64
	1302		256	64
	1303		256	64
	1304		256	64
14	1401	<b>Cabezas &amp; Wray Abogados</b>	256	64
	1402	Cabezas & Wray Abogados	256	64
	1403	Cabezas & Wray Abogados	256	64
	1404	Cabezas & Wray Abogados	256	64
15	1501	<b>Rosero Gutiérrez Jorge Oliver</b>	256	64
	1502	<b>Rosero Gutiérrez Jorge Oliver</b>	256	64
	1503	Rosero Gutiérrez Jorge Oliver	256	64
	1504	Rosero Gutiérrez Jorge Oliver	256	64
16		<b>Auditorio</b>	256	64
	1601	Rosero Gutiérrez Jorge Oliver	256	64
17		<b>Cafetería</b>	256	64
1		Recepción	256	64
		<b>TOTAL Kb</b>	16384	4096

### 3.6 PRUEBAS DE LA RED

#### 3.6.1 Fibra Óptica

EL proyecto consistió en enlazar mediante fibra óptica, el core de la red de networking con los pisos impares.

Los enlaces realizados son los siguientes:

Tabla 3.7 Enlaces realizados de la Fibra Óptica

Enlace	Origen	Destino	Metraje Inicial (m)	Metraje Final (m)	Longitud del enlace (m)
1	Piso 2	Subsuelo 1	60	99	39
2	Piso 2	Piso 1	104	140	36
3	Piso 2	Piso 3	142	181	39
4	Piso 2	Piso 5	182	227	45
5	Piso 2	Piso 7	228	279	51
6	Piso 2	Piso 9	281	338	57
7	Piso 2	Piso 11	343	406	63
8	Piso 2	Piso 13	411	480	69
9	Piso 2	Piso 15	482	557	75

Para dichos enlaces se utilizaron los siguientes materiales y se realizaron los siguientes trabajos:

**Fibra Óptica:** Cable de fibra óptica para interiores, chaqueta de polietileno, 4 hilos tight buffer, elemento de fuerza aramida, multimodo 50/125 um. En total se tendieron 474m.

**Distribuidores Ópticos en destino de enlaces (pisos):** ODF 4 puertos ST multimodo, bandeja deslizable, ingreso posterior de cables. Todos los ODFs incluyen pigtaills, adaptadores, bandejas de empalme y tubillos termo contraíbles para protección de empalme. En total se instalaron 9 ODFs.

**Distribuidores Ópticos en core (piso 2):** ODF 24 puertos ST multimodo, bandeja deslizable, ingreso posterior de cables. Todos los ODFs incluyen pigtails, adaptadores, bandejas de empalme y tubillos termo contraíbles para protección de empalme. En total se instalaron 2 ODFs.

**Patchcords de Fibra Óptica:** Patchcord dúplex, multimodo 50/125 um, conectores ST-LC, 1m de longitud, chaqueta PVC. Cada patchcord fue conectado en los puertos 1 y 2 tanto de los pisos como del core, para dar servicio a la red instalada. En total se instalaron 18 patchcords (9 en los pisos y 9 en el core)

**Terminación de Fibra Óptica:** Para la terminación de la fibra óptica se usó la técnica de fusión. Para esto se contó con una fusionadora de tipo core alignment marca Fujikura modelo 50S. Cada fusión fue protegida con el respectivo tubillo termo contraíble para protección de empalme. Se habilitaron todos los hilos de cable, utilizando 2 hilos para cada enlace y dejando 2 de reserva. En total se realizaron 72 fusiones.

**Ingreso a ODF core:** Los cables provenientes de cada piso ingresaron al ODF principal, en el cual se los protegió con espiral de diámetro adecuado.

**Etiquetación y Pruebas:** Todos los enlaces quedaron etiquetados, así como los patchcords. En cada piso se usó la leyenda BACKBONE DE FIBRA OPTICA y se etiquetaron los puertos del ODF. En el core se etiquetaron todos los puertos del ODF y se identificó cada puerto con el piso al cual se dirige cada cable.

Se realizaron además pruebas de continuidad con un detector de fallas visual, obteniendo un resultado positivo para todos los hilos instalados.

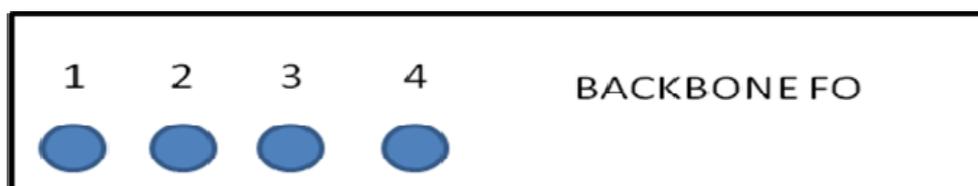


Figura 3.61 ODF TIPO, PISOS IMPARES

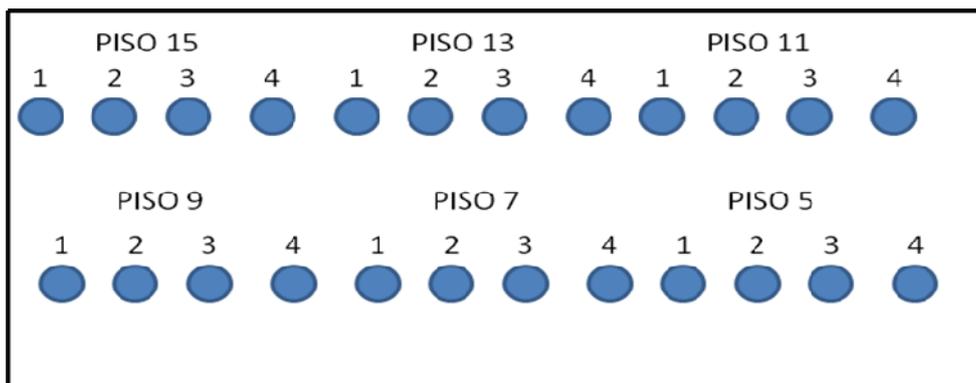
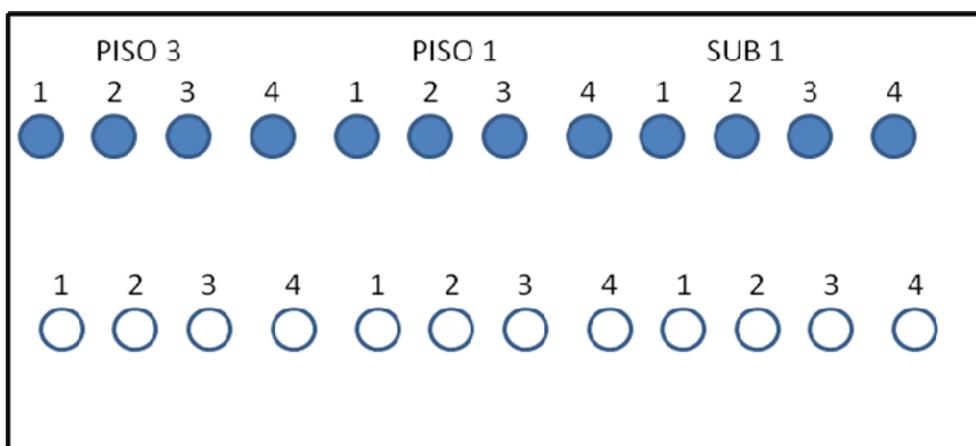


Figura 3.62 ODF 1 CORE



-  PUERTO NO HABILITADO
-  PUERTO HABILITADO

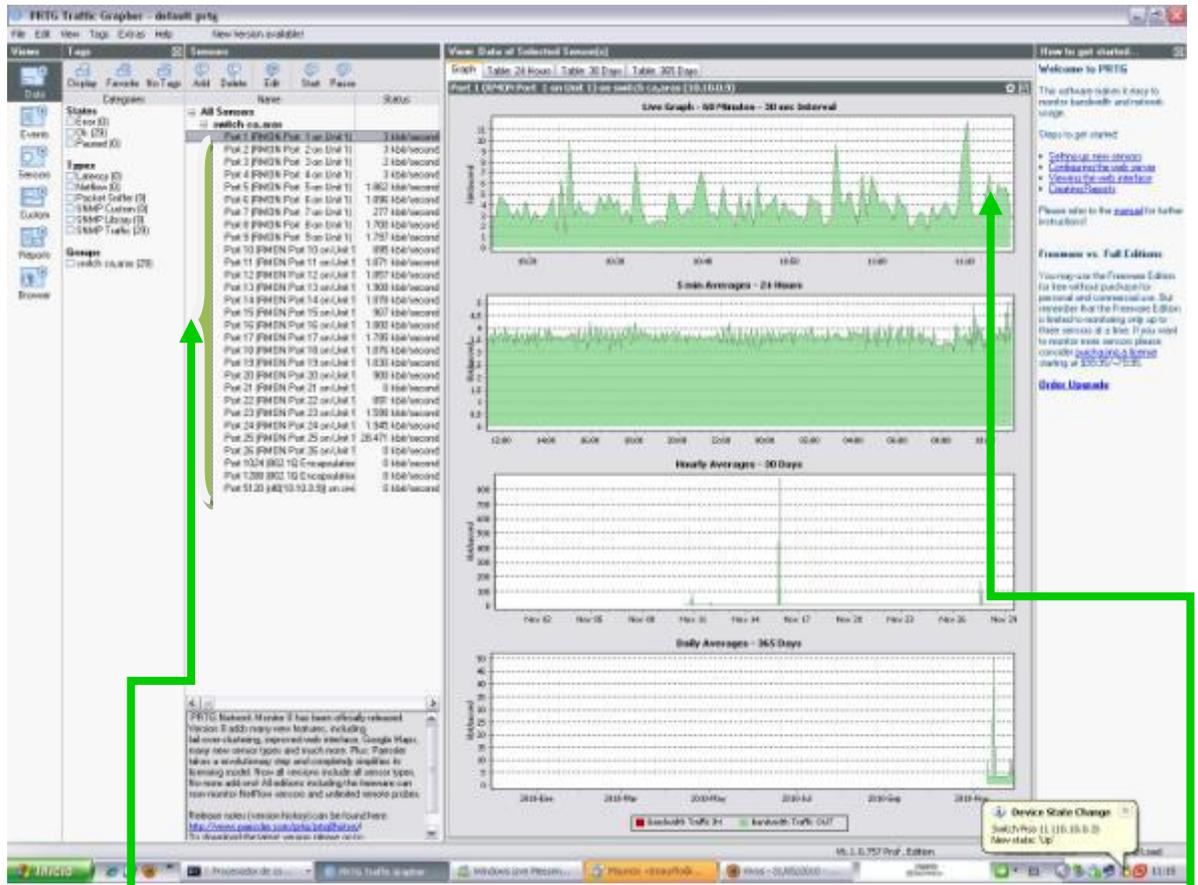
Figura 3.63 ODF 2 CORE

Los puertos utilizados para habilitar la red, son los 1 y 2 de cada enlace.

### 3.6.2 Prueba del GPON OT925-G

Este equipo está controlado por el software PRTG Traffic Grapher, y a continuación se pueden observar en las siguientes fotografías el comportamiento del GPON, para los diferentes usuarios.

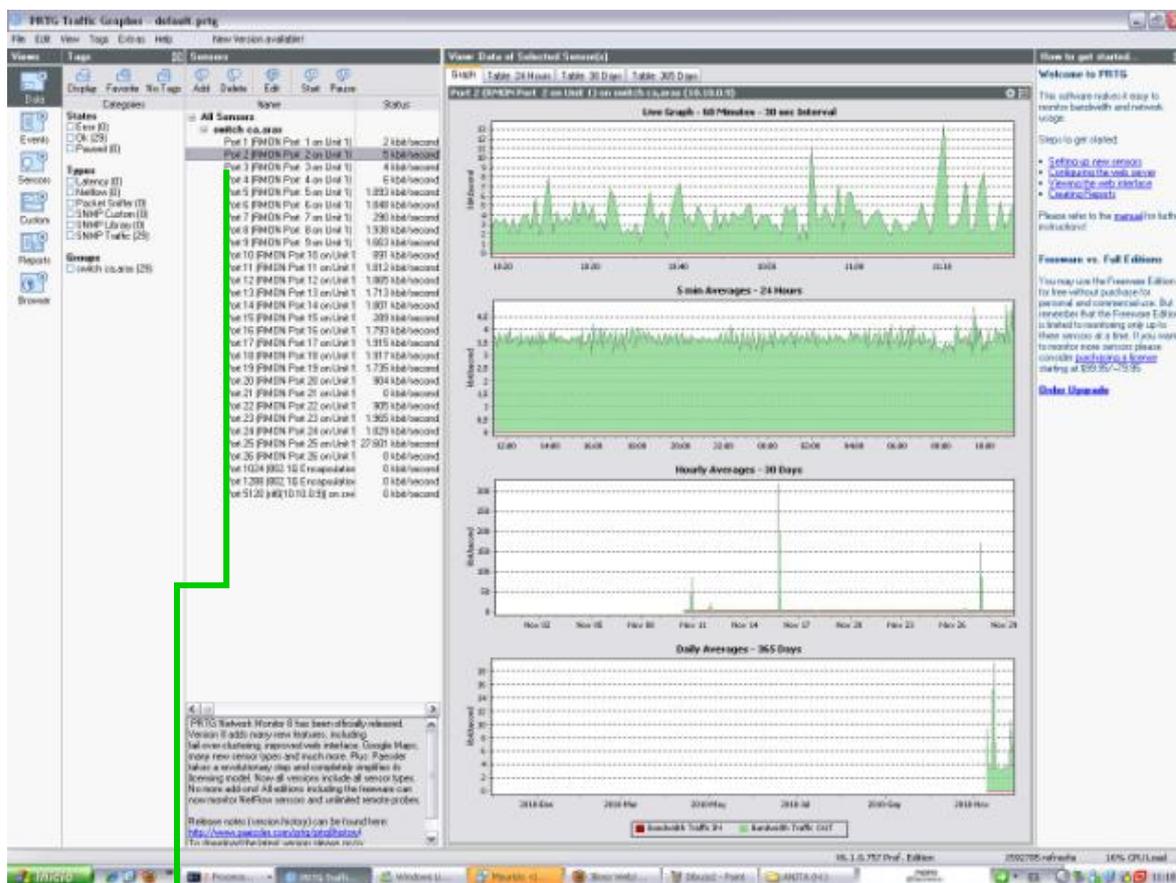
En el puerto 1:



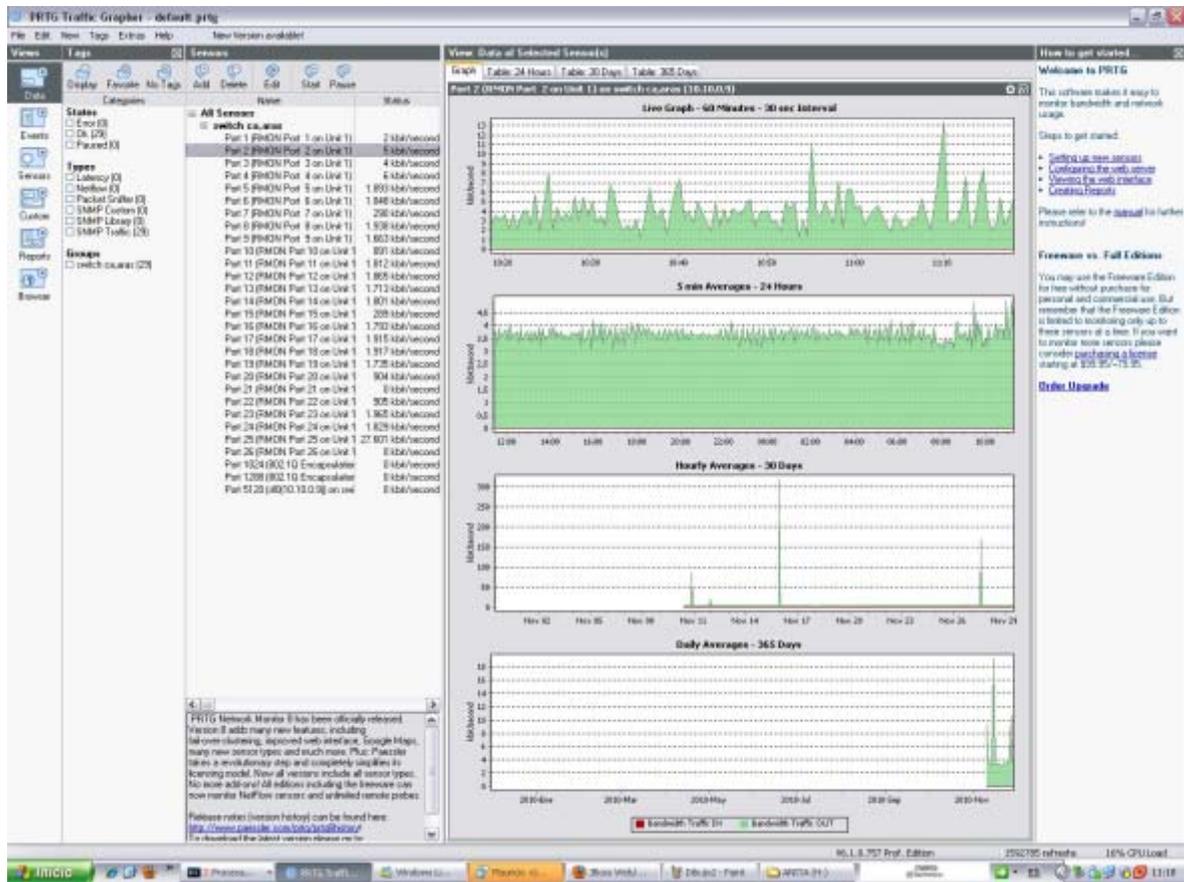
Puertos activos durante la ejecución del programa

Representación gráfica del comportamiento del Gpon

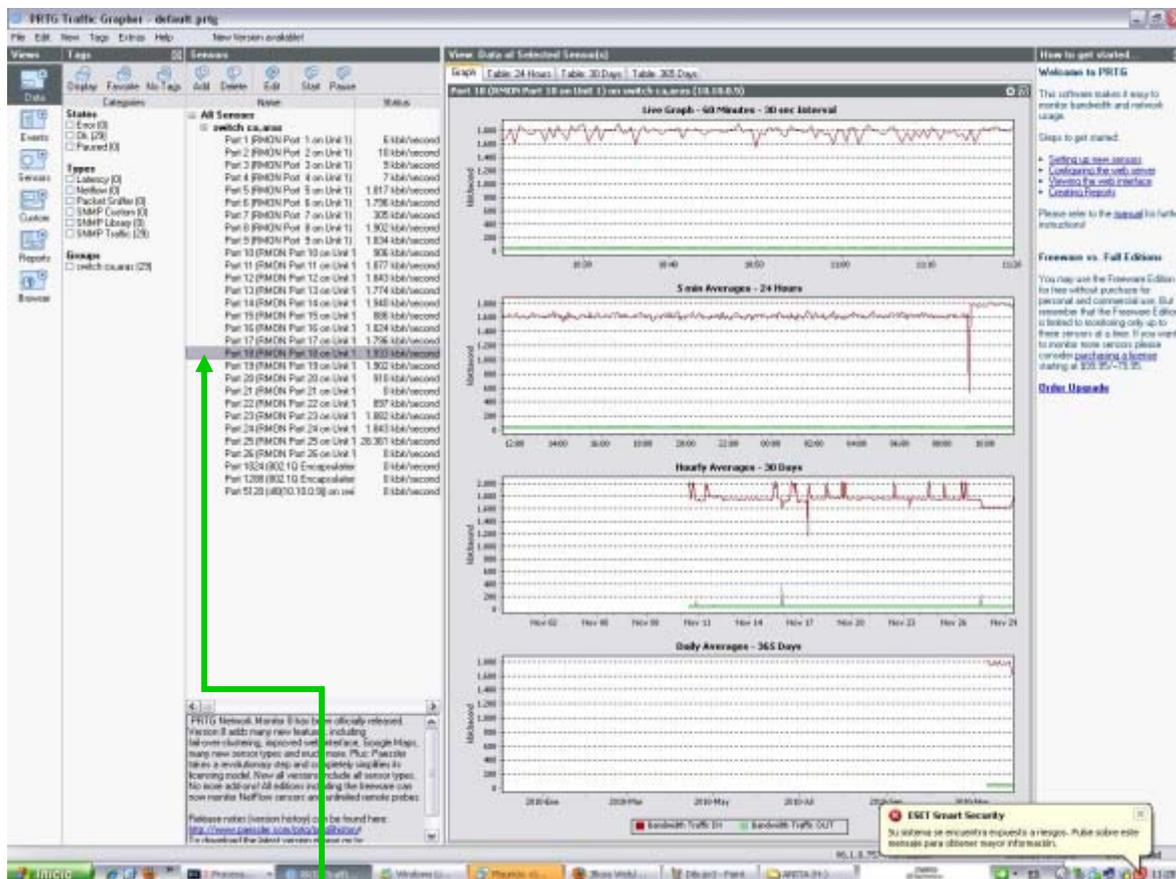
En el puerto 2:



Representación gráfica del comportamiento del Gpon en el puerto 2



En el puerto 18 que en ese momento no estuvo en actividad:



Representación gráfica del comportamiento del Gpon

### Software PRTG Traffic Grapher:

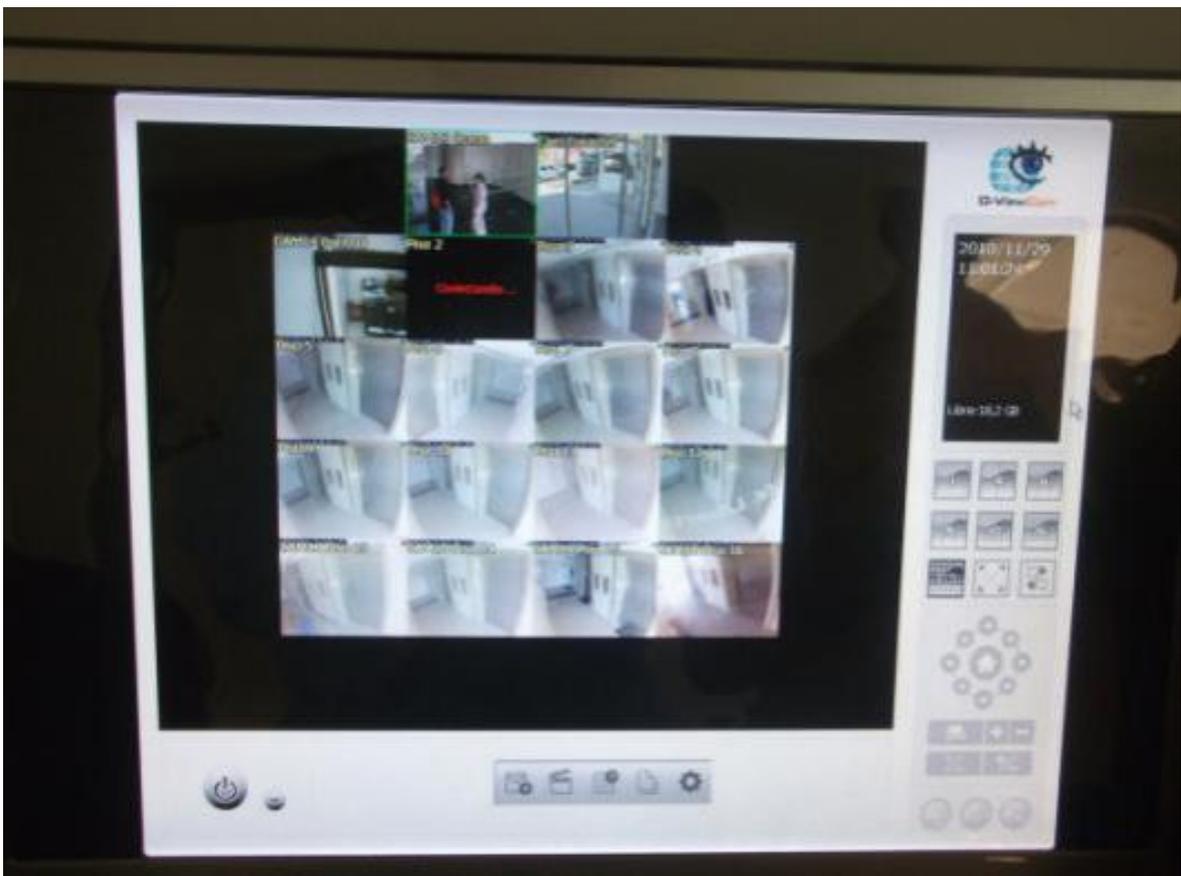
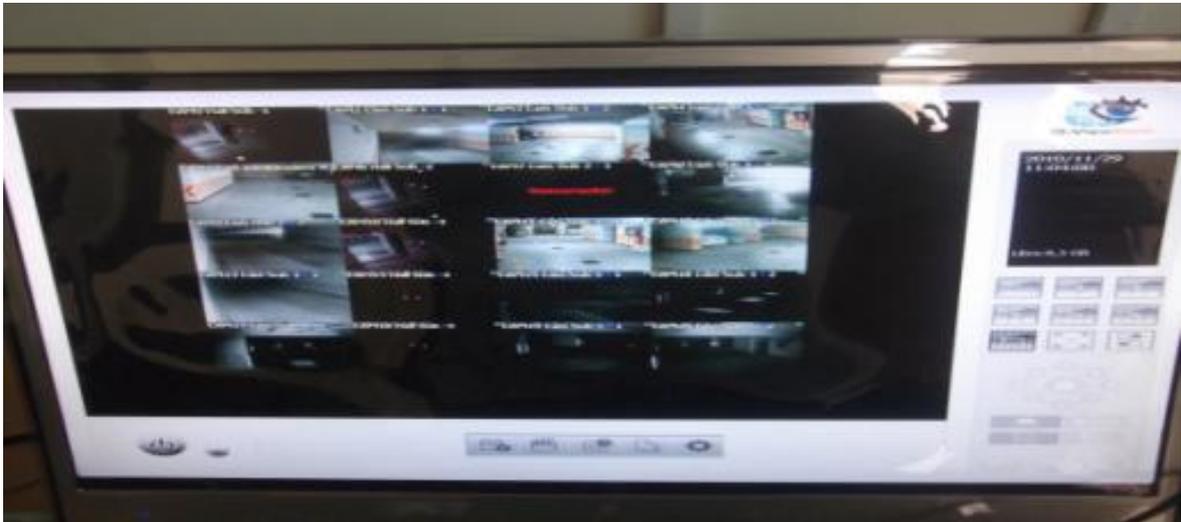
PRTG Traffic Grapher es una aplicación de Windows fácil de utilizar en el monitoreo y clasificación del uso del Ancho de Banda. Provee a los administradores de sistema con lecturas de tendencia en vivo y de largo plazo de sus dispositivos de Red. PRTG es principalmente utilizado para el monitoreo del uso del Ancho de Banda, pero además se puede emplear para monitorear muchos otros aspectos de una red tales como utilización de memoria y CPU. With PRTG Traffic Grapher el usuario recibe datos detallados y entendibles, referente al uso del Ancho de Banda y de Red que le ayuda a optimizar la eficiencia de la red. El entendimiento del tema de consumo de ancho de banda y recursos es la clave para una mejor Administración de Red Al: Evitar los cuellos de botella en lo referente al ancho de banda y desempeño del servidor; averiguar qué aplicaciones o servidores usan el ancho de banda; Entregar la mejor calidad de servicio a sus usuarios al ser proactivo; Reducir costos al comprar hardware y ancho de banda acorde a las necesidades actuales. La edición freeware de PRTG Traffic Grapher es completamente gratuita para uso comercial y personal y puede ser descargada sin costo. PRTG Traffic Grapher está diseñada para ser ejecutada sobre la red en una máquina Windows durante las 24 horas del día y registra constantemente los parámetros de uso de red. Los datos registrados son almacenados en una base de datos interna para posterior análisis. Usando una interface fácil de usar, usted puede configurar los parámetros bajo monitoreo, así como también crear reportes de uso. Para acceso remoto PRTG Traffic Grapher viene con un servidor web incorporado para proveer acceso a gráficos y tablas. Todos los métodos para capturar información sobre el uso de la red son soportados por SNMP (Protocolo de Gestión de Red) que es la forma básica de reunir información sobre el uso de la Red y del Ancho de Banda. Se puede usar para monitorear el uso de ancho de Banda de ruteadores y switches puerto a puerto, así como para obtener lecturas de la memoria, carga de CPU, etc. Monitoreo de Paquetes: Con el monitoreo de Paquetes que tiene incorporado, PRTG puede inspeccionar todos los paquetes de datos pasando por la tarjeta de red para calcular el uso de ancho de banda. NetFlow: El protocolo NetFlow es soportado por la mayoría de los ruteadores Cisco para medir el uso del Ancho de Banda.<sup>83</sup>

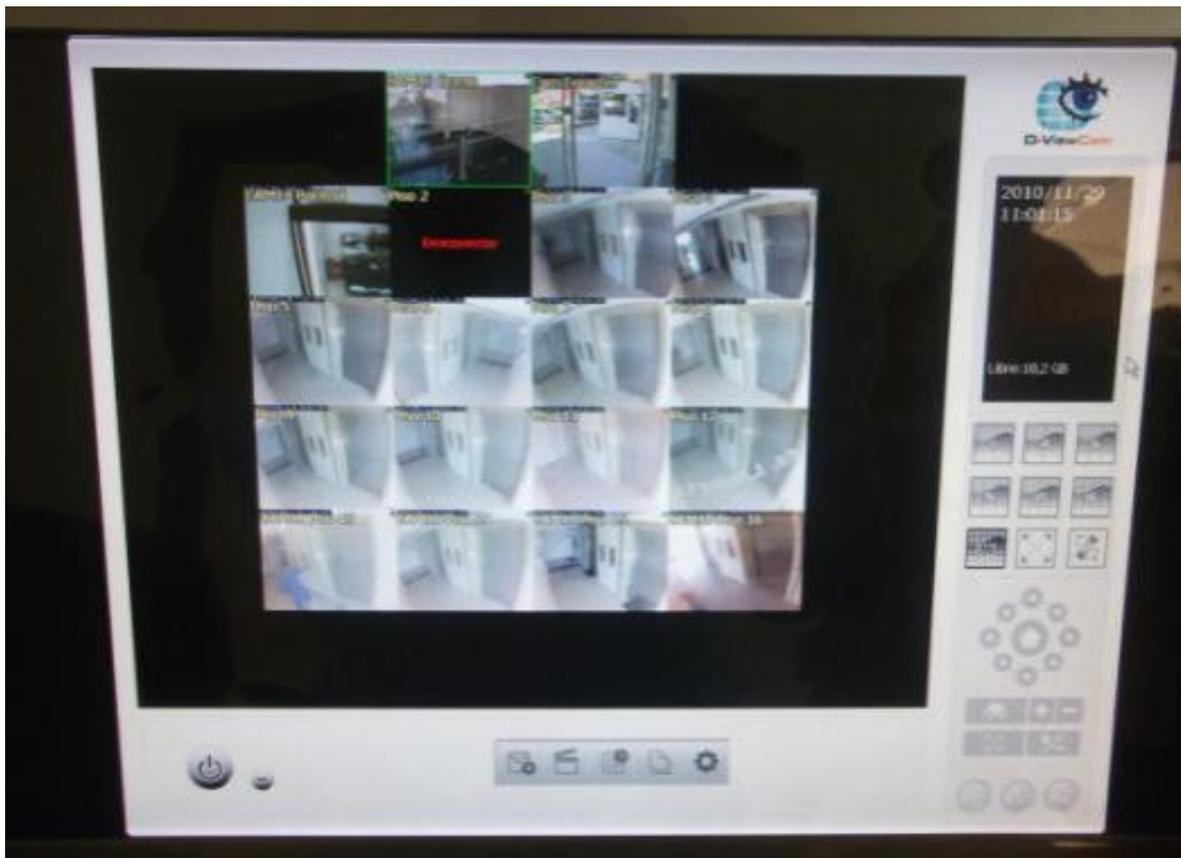
---

<sup>83</sup> [www.freedownloadmanager.org/es/downloads]

### Pruebas de las cámaras ubicadas en diferentes sitios del edificio

En las siguientes fotografías se puede observar el comportamiento de las cámaras a través del software D-View Cam







### Software D-ViewCam

D-ViewCam™ software de vigilancia IP de la cámara es un sistema de vigilancia integral diseñado para gestionar de forma centralizada múltiples cámaras IP para el hogar, pequeñas oficinas y oficina en casa (SOHO), o Pequeñas y Medianas Empresas (SMB) de los usuarios. Soporta hasta 32 cámaras IP de D-ViewCam™ es compatible con todas las cámaras IP de D-Link, servidores de vídeo y ofrece una monitorización digital y capacidad de grabación de vídeo, audio, y eventos para diferentes aplicaciones de seguridad. Este software proporciona a los usuarios una amplia gama de funciones para mayor comodidad, incluyendo la grabación de vídeo, reproducción, visualización en vivo de video, ofreciendo a los usuarios un poderoso software de vigilancia que es fácil de usar.<sup>84</sup>

<sup>84</sup> [<http://www.dlink.com/products/d-viewcam20>]

---

Resumen de características:

- Ver y gestionar hasta 32 cámaras en una sola pantalla fácilmente y sin problemas.
- Registro y seguimiento de la reproducción de vídeo detallado.
- Controlar y configurar las cámaras desde cualquier lugar que tenga conexión a Internet o redes privadas.
- Más de seguridades eficientes y rentables de gestión.

## CAPITULO 4

### 4 ANÁLISIS ECONÓMICO

#### 4.1 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA DE RED

CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS		
EQUIPO	PROVEEDORES	COSTO (USD)
Switch Dlink DES-3526 		\$ 271.78
		\$308,99 + 10,70 (portes)
		\$319,82
		\$322,25
		\$318.99
Switch D-Link xStack DGS-3627 24 Puertos 	Superwarehouse.com	\$2568.99
		\$2,568.99
GPON Echolife OT 925-G 		\$ 1000
PRTG - Paessler Router Traffic Grapher 6.2.0.907	<a href="http://www.gtdownload.com/es/libre-descargue/Red-Y-Internet-categoria/Supervision-De-la-Red-subcategoria/PRTG-Paessler-Router-Traffic-Grapher-detalles-de-la-vision.html">http://www.gtdownload.com/es/libre-descargue/Red-Y-Internet-categoria/Supervision-De-la-Red-subcategoria/PRTG-Paessler-Router-Traffic-Grapher-detalles-de-la-vision.html</a>	\$ 0.00
MONITOR SAZ 19" APP1901 		\$ 143.52
CPU INTEL E5700 PENTIUM DUAL CORE 		\$184.83
<b>COSTOS DE LA FIBRA ÓPTICA</b>		
<b>DETALLE</b>		<b>COSTOS</b>
Tendido de la fibra óptica, incluye manguera y sujeción de postes, realizado por la CNT		\$ 4500

## 4.2 COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

CUADRO DE INVERSIÓN EN LA RED GPON IMPLEMENTADA EN EL EDIFICIO LIBERTADOR		
EQUIPO	PROVEEDOR	COSTO(USD)
Switch Dlink DES-3526 		\$318.99
Switch D-Link xStack DGS-3627 24 Puertos 		\$2,568.99
GPON Echolife OT 925-G 		\$ 1000
MONITOR SAZ 19" APP1901 		\$ 143.52
MONITOR SAZ 19" APP1901 		\$ 143.52
CPU INTEL E5700 PENTIUM DUAL CORE 		\$184.83
CPU INTEL E5700 PENTIUM DUAL CORE 		\$184.83
Implementación de Fibra Óptica	CNT	\$ 4500
<b>TOTAL INVERSION</b>		<b>\$ 9044.68</b>

## CAPITULO 5

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES DE LA IMPLEMENTACIÓN

- Una red GPON tiene diferentes beneficios entre los cuales existe una reducción significativa en el consumo de espacio en el cuarto de telecomunicación, ya que hay pocos equipos activos; comparado con otras redes de acceso no representan una alta inversión; fácil de planificar y crecer por la simplicidad de nuevos enrutamientos automáticos.
- La tendencia de las redes de información en la actualidad es a manejar toda una infraestructura de tipo IP, desde el núcleo, hasta la parte de acceso o ultima milla. Todos los administradores, sistemas y equipos actuales se están inclinando por esta tecnología. Los equipos de conectividad antiguos sin soporte IP están siendo reemplazados o mejorados.
- La poca o escasa redundancia que se puede dar a nivel de última milla, es uno de los principales inconvenientes de las redes GPON es debido a que este tipo de red presenta una topología física en árbol, es decir, un esquema jerárquico en la que si uno de los nodos falla, fallaran los que están bajo el mismo.
- El número de clientes o usuarios de la red siempre va a estar en función de las capacidades de enrutamientos automáticos o división de la fibra óptica en un punto, si la fibra lo permite, es posible seguir dividiendo los accesos sucesivamente de manera jerárquica hasta alcanzar el número máximo de conexiones permitido por los equipos. También influye el grado de dificultad de acceso en una zona. Con topologías difíciles de acceder, no

se puede dar servicio a muchos usuarios, sobre todo si la fibra tiene que ser tendida por lugares peligrosos.

- GPON Permite el funcionamiento de diversas aplicaciones de datos, voz y video, debido a las excelentes prestaciones que tiene su medio de transmisión la red de acceso, la fibra óptica, pero con un limitante de tipo físico: la fragilidad de la misma. Debido a que se encuentra expuesta en los postes de alumbrado eléctrico o enterradas a lo largo de las diferentes vías, las fibras son susceptibles de cualquier tipo de accidente y consecuencia el riesgo de corte de servicio a los usuarios; sin embargo esto no es un limitante en redes para edificio o de campus.
- Los equipos actuales en su gran mayoría ya no proveen interfaces de interconexión con redes de tipo SDH. Solo algunos equipos, como los de Huawei, permiten opcionalmente la instalación de tarjetas de este tipo. La mayoría proveen solo interfaces de interconexión con redes IP-MPLS, ya que como se menciona en una conclusión anterior, la tendencia es llegar a manejar redes de tipo IP. Cabe mencionar que una red MPLS puede ser montada sobre una infraestructura IP.
- Para estimar un costo apegado a la realidad de los diferentes paquetes TRIPLE PLAY, siempre cualquier servicio va a estar regulado por el mercado, por la demanda que se tenga en el sector y la oferta que esté presente.
- Para los usuarios es indiferente la infraestructura mediante la cual se le provea los servicios que solicitan, lo que requieren son mejores precios con un mayor calidad. Por este motivo el brindar triple play permite que el usuario pueda recibir los servicios de televisión por cable, Internet y telefonía sin la necesidad de instalar tres equipos finales o trabajar con tres proveedores diferentes.

- La red de acceso es la parte de la red del operador más cercana al usuario final, por lo que se caracteriza por la abundancia de protocolos y servicios. El método de encapsulación que emplea GPON es GEM (GPON Encapsulation Method) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.). Por este motivo GPON no sólo ofrece mayor ancho de banda que otras tecnologías PON, además es mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas dedicadas, etc.) sin tener que cambiar los equipos instalados donde el usuario final.
- Una de las características clave de las redes PON es la capacidad de sobresuscripción. Esto permite a los operadores ofrecer a los abonados más tráfico cuando lo necesiten y cuando en la red no haya otros abonados que están empleando todo el ancho de banda disponible en la red. Esta funcionalidad es denominada ubicación dinámica del ancho de banda o DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) del PON punto a multipunto.
- La implementación de la fibra óptica en servicios triple play (voz, datos y video) de banda ancha permite alcanzar distancias de hasta 20 km y los problemas de ruido, atenuación e interferencia se minimizan debido al tipo de elementos pasivos que se utilizan.
- Debido a que es una tecnología nueva en el mercado de las telecomunicaciones en nuestro país, los costos de implementación y operación todavía son altos, por lo tanto dicha tecnología está dirigida a un segmento de la población con alto poder adquisitivo, aunque a largo plazo se pretende abaratar los costos para poder ampliar el mercado. Esto se podría lograr aproximadamente después de un año de funcionamiento de la tecnología cuando se haya recuperado la inversión inicial.
- Con todas las ventajas que ofrece la fibra óptica como medio de transmisión, las redes ópticas pasivas (PON) se han convertido actualmente en una de las mejores opciones tecnológicas para redes de

acceso y se ha escogido la tecnología GPON ya que soporta todo tipo de tráfico lo que permite brindar servicio de voz, datos y video que para ser servido con calidad requiere de un gran ancho de banda, además de la reducción de costos debido a que no utilizan elementos ATM y SDH.

- Los equipos descritos en este diseño fueron seleccionados basándose en aspectos tanto técnicos como financieros. Los proveedores han mostrado soluciones completas de GPON, pero en este caso específico se prefiere realizar el análisis del diseño utilizando los equipos que cumplan con los requisitos necesarios aunque no sean propiedad de un solo proveedor.
- La rápida evolución tecnológica y los requerimientos cada vez más altos de los usuarios de telecomunicaciones han estimulado el desarrollo de los servicios convergentes, que brindarán mayores beneficios al usuario permitiéndole estar comunicado siempre y en todo momento, gracias a las características de ubicuidad y movilidad que la red de acceso integrada (tecnologías EPON/GPON y WiMAX) ofrecerá, constituyéndose en una herramienta fundamental para el desarrollo de las naciones en todos los aspectos.
- La convergencia en el acceso se manifiesta como una competencia entre diversas soluciones técnicas que tienen la capacidad de cubrir las demandas de los usuarios, en diferentes segmentos y con diferentes características técnicas y económicas relacionadas con su despliegue.
- El gran ancho de banda que ofrecen las comunicaciones ópticas (EPON/GPON) y la movilidad sin línea de vista que brindan las comunicaciones inalámbricas (WiMAX), aportan en gran magnitud al sistema integrado.
- La convergencia exige elevadas prestaciones en las redes de acceso que conectan a los usuarios finales con las infraestructuras de aplicaciones y servicios y las redes de transporte. Estas prestaciones se miden

principalmente en términos de velocidad de transmisión en cada uno de los sentidos de la comunicación de los servicios que soporta, de la calidad y disponibilidad del servicio y de su cobertura.

- La transformación y la convergencia gradualmente evolucionan desde las etapas teóricas y conceptuales hasta la planeación y pruebas piloto. Este proyecto involucra muchos aspectos, propone grandes incertidumbres y un alto nivel de individualización, e involucra factores de riesgo tales como pérdida de recursos, cambios en directrices tecnológicas e inadecuada preparación de las organizaciones y su personal. La transformación, sin embargo, es el único camino abierto para los proveedores si desean sobrevivir, prosperar y florecer.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Es imprescindible implementar redes con fibra óptica con tecnología GPON ya que los costos de implementación son muchos más bajos que lo que implica implementar redes ATM y SDH cuyas ventajas frente a estas nuevas redes de acceso no son representativas, además, que la calidad de servicio que se brinda con esta nueva tecnología es superior.
- Se debe contar con personal capacitado en estas nuevas tendencias tecnológicas ya que indiscutiblemente la infraestructura de telecomunicaciones apunta al crecimiento con mayores y mejores servicios.
- Al ser FTTH una nueva tecnología en el país, la capacitación de personal, es un factor determinante en la calidad de servicio que una operadora brinde a sus usuarios. Es necesario entonces solicitar a los fabricantes que dentro de los costos que presupuesten, se incluya el entrenamiento al personal de las operadoras.

- Se sugiere elaborar un nuevo modelo regulatorio, en colaboración con los agentes del mercado, que incentive el despliegue de las nuevas redes y dinamice el mercado de nuevos servicios de banda ancha. El nuevo modelo debe considerar las particularidades del despliegue de nuevas redes de banda ancha, con sus incertidumbres y riesgos.
- Se sugiere explorar modelos de negocio que puedan beneficiar conjuntamente al propio proveedor de contenidos y al proveedor de infraestructura. De nada servirá que los nuevos contenidos sean un dinamizador del mercado de banda ancha si el proveedor de infraestructura no encuentra incentivos para soportarlos sobre su red.
- Se recomienda la utilización del sistema GPON, o superiores, antes que EPON debido a su gran ancho de banda, seguridad y principalmente bajo costo en los equipos; sin embargo, quedará como elección al diseñador seleccionar correctamente de acuerdo a las diferentes situaciones y necesidades que requiera satisfacer.
- Es preferible adquirir la solución completa GPON (OLT-ONT) con una sola casa fabricante, ya que la interoperabilidad entre equipos aun no está muy difundida. Solo ciertos fabricantes la aseguran, otros no.
- Se debe tomar en cuenta la capacidad máxima que tenga el OLT para puertos PON y la sensibilidad máxima a pérdidas que se tenga entre el usuario más lejano y más cercano, la misma que no debe pasar de 28db para su normal funcionamiento según recomendaciones de los fabricantes

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS Y FOLLETOS

- AULESTIA, Hugo, Telefonía Documentos Guía, Octubre 2006.
- BARBA, Antoni, Gestión de Red, Ediciones UPC, Barcelona, 2003. • HONG, Kim, Radio over Fiber based Network Architecture, Berlin, 2005.
- BLACK, Uyles, Residential broadband networks: xDSL, HFC, and fixed wireless Access, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey.
- HIDALGO, Pablo, Apuntes de Telemática, 2007.
- ILYAS, Mohammad, MOUFTAH, Hussein, The Handbook of Optical Communication Network, CRC Press, New York, 2003.
- JIMÉNEZ, María Soledad, Apuntes de Comunicación Digital, 2006.
- WILLIAM STALLINGS, Comunicaciones y Redes de Computadores, Séptima Edición, Prentice Hall, Madrid, 2004.

### REVISTAS

- IEEE Applications&Practice, Vol. 45, Suppl. 3, 4, 2007. Recomendaciones de la ITU-T:
- IEEE Communications Magazine Vol. 45, Nº 2, 8, 9, 10, 11, 12; Vol. 46, Nº 1, 2, 2007-2008.
- ITU-T Recommendation G.652 (2003), Characteristics of a single-mode optical fibre cable.
- ITU-T Recommendation G.983.1 (1998), Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON).
- ITU-T Recommendation G.983.2 (2002), ONT management and control interface specification for B-PON.
- ITU-T Recommendation G.983.3 (2001), A broadband optical access system with increased service capability by wavelength allocation.

- ITU-T Recommendation G.983.4 (2001), A broadband optical access system with increased service capability using dynamic bandwidth assignment (DBA).
- ITU-T Recommendation G.983.5 (2002), A broadband optical access system with enhanced survivability.
- ITU-T/G.984.1 “Gigabit-Capable Passive Optical Networks (GPON): General Characteristics”.
- ITU-T/G.984.2 “Gigabit-Capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) Layer Specification”.
- ITU-T/G.984.3 “Gigabit-Capable Passive Optical Networks (GPON): Transmission Convergence Layer Specification”.
- ITU-T/G.984.4 “A Broadband Optical Access System with Increased. Service Capability Using Dynamic Bandwidth Assignment”.

### **Normas IEEE**

- IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards, “Developing the IEEE 802.16 WirelessMAN® Standard for Wireless Metropolitan Area Networks”, May 2005.
- IEEE 802.1D (2004), IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: Media Access Control (MAC) Bridges.
- IEEE 802.1Q (2003), IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: Virtual Bridged Local Area Networks.
- IEEE 802.3ah (2004), IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications – Amendment: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for Subscriber Access Networks.

### **PÁGINAS ELECTRÓNICAS**

- <http://ieee802.org/16/>
- <http://ieee802.org/3/av/index.html>
- <http://www.buildref.com/home/script/showpage.php?page=publication>

- <http://www.comsoc.org>
- <http://www.conatel.gov.ec>
- <http://www.findanexpert.unimelb.edu.au/researcher/person13947.html>
- <http://www.fixedmobileconvergencealliance.com>
- <http://www.fsanweb.or>
- <http://www.ieee802.org/3/efm/>
- <http://www.itu.int/>
- <http://www.opticalsolutions.com>
- [http://www.radioptica.com/Radio/material\\_rad.asp](http://www.radioptica.com/Radio/material_rad.asp)
- <http://www.wimaxforum.org/>

## Referencias

- Davis, David (May 1, 2007). The ultimate list of Cisco administration tools, Networkworld, accessed on March 7, 2008 David Davis (1 de mayo de 2007). La lista definitiva de las herramientas de administración de Cisco, NetworkWorld, consultado el 07 de marzo 2008
- Posey, Brien M. (July 29, 2003). PRTG makes it easy to monitor bandwidth, *TechRepublic*, accessed on March 7, 2008 Posey, Brien M. (29 de julio de 2003). PRTG hace que sea fácil de controlar ancho de banda, *TechRepublic*, consultado el 07 de marzo 2008
- Schwartz, Karen (Feb 27, 2008). Paessler Upgrades Low-Cost, Easy-to-Use Network Monitoring Tool, *www.eweek.com*, accessed on March 7, 2008 Karen D. Schwartz (27 de febrero 2008). Paessler actualizaciones de bajo costo, fácil de usar herramienta de monitoreo de redes, *www.eweek.com*, consultado el 07 de marzo 2008
- Toombs, Douglas (Sep 1,2007). 8 More Absolutely Cool, Totally Free Utilities, *WindowsITPro Magazine Sep 2007*, accessed on March 7, 2008 Douglas Toombs (septiembre 1,2007). 8 Más absolutamente fresco, totalmente gratis Utilidades, *WindowsITPro Revista septiembre 2007*, actualizado el 07 de marzo 2008
- Twardawa, Christian (Feb 1, 2008). Plumbing The Depth-the need of professional network monitoring from a business view, *Network Computing*, accessed on March 7, 2008 Cristiano Twardawa (01 de febrero 2008). fontanería La profundidad de la necesidad de supervisión

---

de la red profesional de una visión empresarial, Network Computing, consultado el 07 de marzo 2008

# ANEXOS

**ANEXO 1**

**PLANOS**

## ANEXO 2

**SmartAX MA5600T (GPON) Basic  
Operation and Maintenance  
Practice Guide ISSUE2.0**



## General Practice Configuration

### 1.1 Objective

This practice is aimed to help you to be familiar with the command line and basic configuration of MA5600T.

### 1.2 Networking and service description

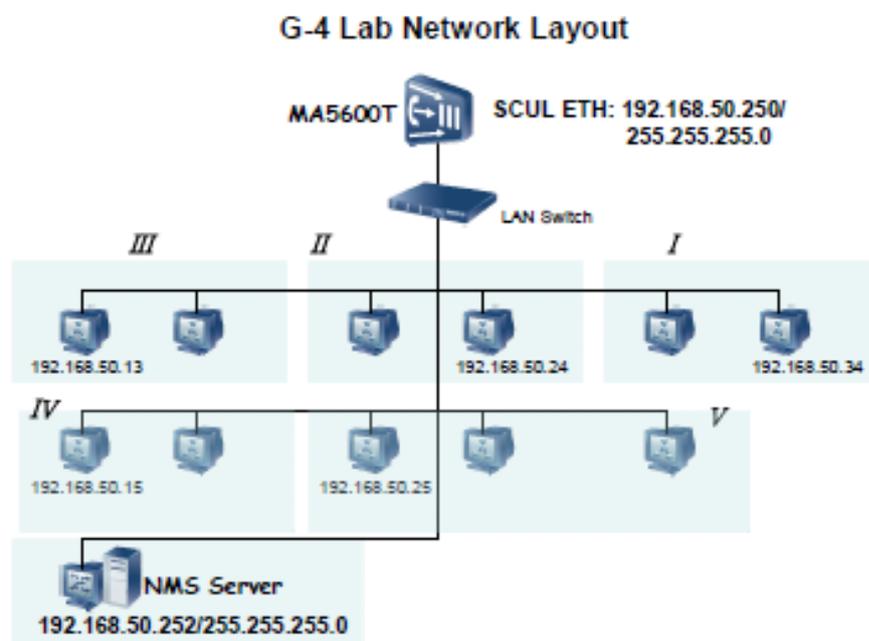


Figure 1-1 Network

### 1.3 Introduction to equipment networking and practice environment

IP address of the maintenance network interface of the MA5600T is 192.168.50.250

IP addresses of the operation terminals are given by the label of the computer 192.168.50.x.

**⚠ Note:**

During your practice, please DO NOT change the IP address of the maintenance network interface of MA5600T, otherwise others cannot login the system by telnet.

---

## 1.4 Practice Tasks

### 1.4.1 Configuration environment establishment

Please check the physical connections between the equipment and the operation terminals to understand how the configuration environment was established.

The current configuration environment was established in the telnet mode. Please log in the system according to

**Click: Start→Run, then input : telnet 192.168.50.250**

Or according to Hyper Terminal :

**Click: Start→All programs →Accessories→Hyper Terminal**

---

**⚠ Note:**

You can also try to establish a serial line connected configuration environment, if the serial line is available.

Under the serial line mode, when setting the hypترم, the following attributes should be changed: Bits per second: 9600bit/s; Flow control: NONE.

---

### 1.4.2 Getting Start MML basic commands

(1) Change the MML mode:

```
MA5600T>enable
```

```
MA5600T#config
```

```
MA5600T(config)#interface gpon
```

```
MA5600T (config-if-gpon-0/1)#quit
```

```
MA5600T(config)#quit
```

```
MA5600T#disable
```

---

SmartAX MA5600T (GPON) Basic Configuration Practice Guide with VLAN ISSUE 2.0

---

- (2) On-line help(show all following commands):  
MA5600T#display('spacebar') ?
- (3) Intelligent match:  
MA5600T#con('spacebar')
- (4) Interactive operation:  
MA5600T(config)#interface ('enter')
- (5) Set Timeout Exit Time  
MA5600T(config)#idle-timeout 255

### 1.4.3 Terminal user management (this is for management terminal user)

- (1) Add a new user (Input any username, password and other information; default user-profile is "root")  
MA5600T(config)#terminal user name
- (2) Change the existed user' level  
MA5600T(config)#terminal user level
- (3) Change user's password  
MA5600T(config)#terminal user password
- (4) Query terminal users information  
MA5600T(config)#display terminal user all
- (5) Query online terminal user information  
MA5600T(config)#display terminal user online
- (6) Delete a terminal user  
MA5600T(config)#undo terminal user name

### 1.4.4 System management

- (1) Query boards information of a given frame:  
MA5600T(config)#display board 0
- (2) Query board information of a given slot:  
MA5600T(config)#display board 0/2
- (3) Query software/hardware version :  
MA5600T(config)#display language

---

 SmartAX MA5600T Laboratory Exercises General practice ISSUE1.0
 

---

MA5600T(config)#display version 0/0 (input 0/x you can query a certain board)

- (4) Query system log record :

MA5600T(config)#display log all

- (5) Query board CPU occupation

MA5600T(config)#display cpu 0/1

- (6) Display configuration:

MA5600T(config)#display current-configuration

- (7) Backup system data to flash memory :

MA5600T(config)#save

- (8) Change system time to current time:

MA5600T(config)#time

- (9) Change site name

MA5600T(config)#sysname

- (10) Erase the configuration files in the Flash

MA5600T(config)#erase flash (dangerous operation)

### 1.4.5 File management

- (1) Backup system data to workstation:

**// This command should be work with TFTP/FTP server//**

MA5600T(config)#backup data tftp (Meth port / tftp / ip address needed)

- (2) Restore system data /patch/language/program/bios to system:

**// This command should be work with TFTP/FTP server//**

MA5600T(coMA5600T(config)#load data tftp/ftp

### 1.4.6 Board management

- (1) Add a new board:

MA5600T(config)#board add 0/11

(system can auto-detect newly inserted board, this command help you configure the service while there is no service board yet)

- (2) Confirm a new board:

---

 SmartAX MA5600T (GPON) Basic Configuration Practice Guide with VLAN ISSUE 2.0
 

---

MA5600T(config)#board confirm 0 (input 0/x you can confirm a certain board)

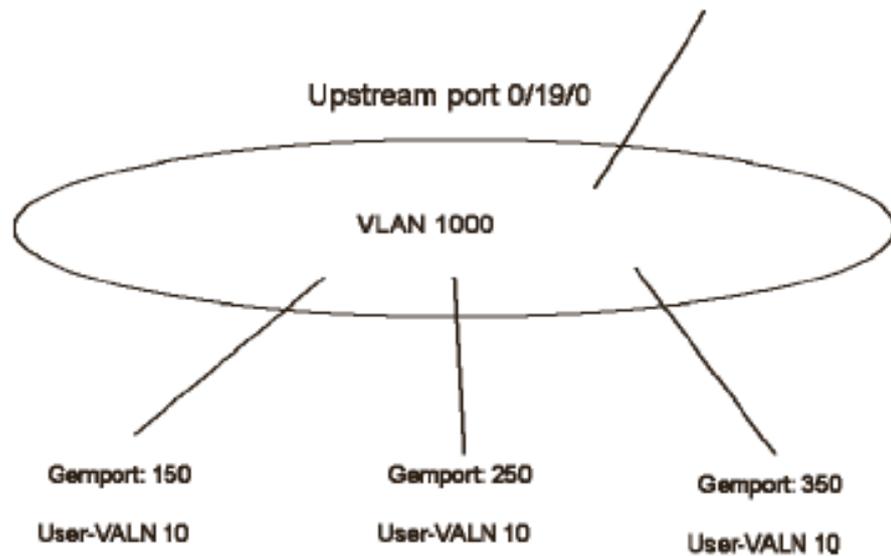
(3) Reset system:

MA5600T(config)#reboot

(dangerous operation, it will effect services, please do not reboot system )

## 1.5 Vlan Configuration(Smart Vlan / Mux Vlan/QinQ Vlan )

### 1.5.1 Smart VLAN



(1) Add a smart vlan:

MA5600T(config)#vlan 1000 smart

(2) Add a upstream port of a specified smart vlan :

MA5600T(config)#port vlan 1000 0/19 0

(3) Add service-port of a specified smart vlan

(4) Create a vlan-interface and IP address

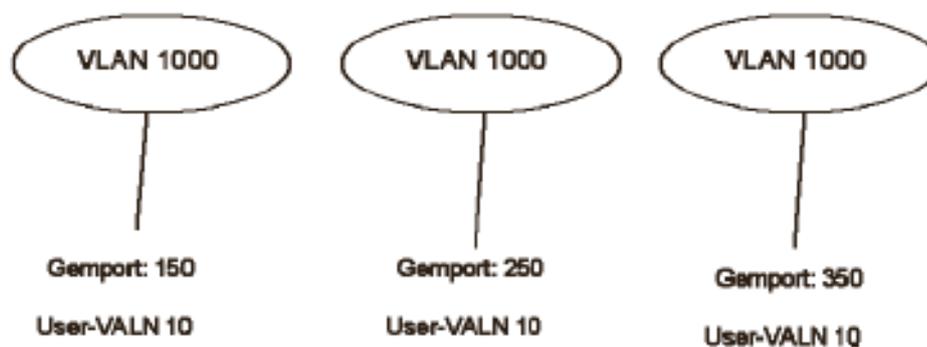
MA5600T(config)#interface vlanif 1000

MA5600T(config-if-Vlanif1000)#ip address 100.1.1.1 24

### 1.5.2 Mux VLAN

Add a mux vlan and repeat the above operations

Upstream port 0/19/0



Mux vlan can have one service-port only, so different subscriber should use different vlan-id.

(1) Add a mux vlan:

```
MA5600T(config)#vlan 1000 to 1002 mux
```

(2) Add a upstream port of a specified mux vlan :

```
MA5600T(config)#port vlan 1000 to 1002 0/19 0
```

### 1.5.3 QinQ VLAN

(1) Add a VLAN

```
MA5600T(config)#vlan 50
```

(2) Add a upstream port of a specified smart vlan :

```
MA5600T(config)#port vlan 50 0/19 0
```

(3) Set the VLAN attribute

```
MA5600T (config)#vlan attrib 50 q-in-q
```

**ANEXO 3**

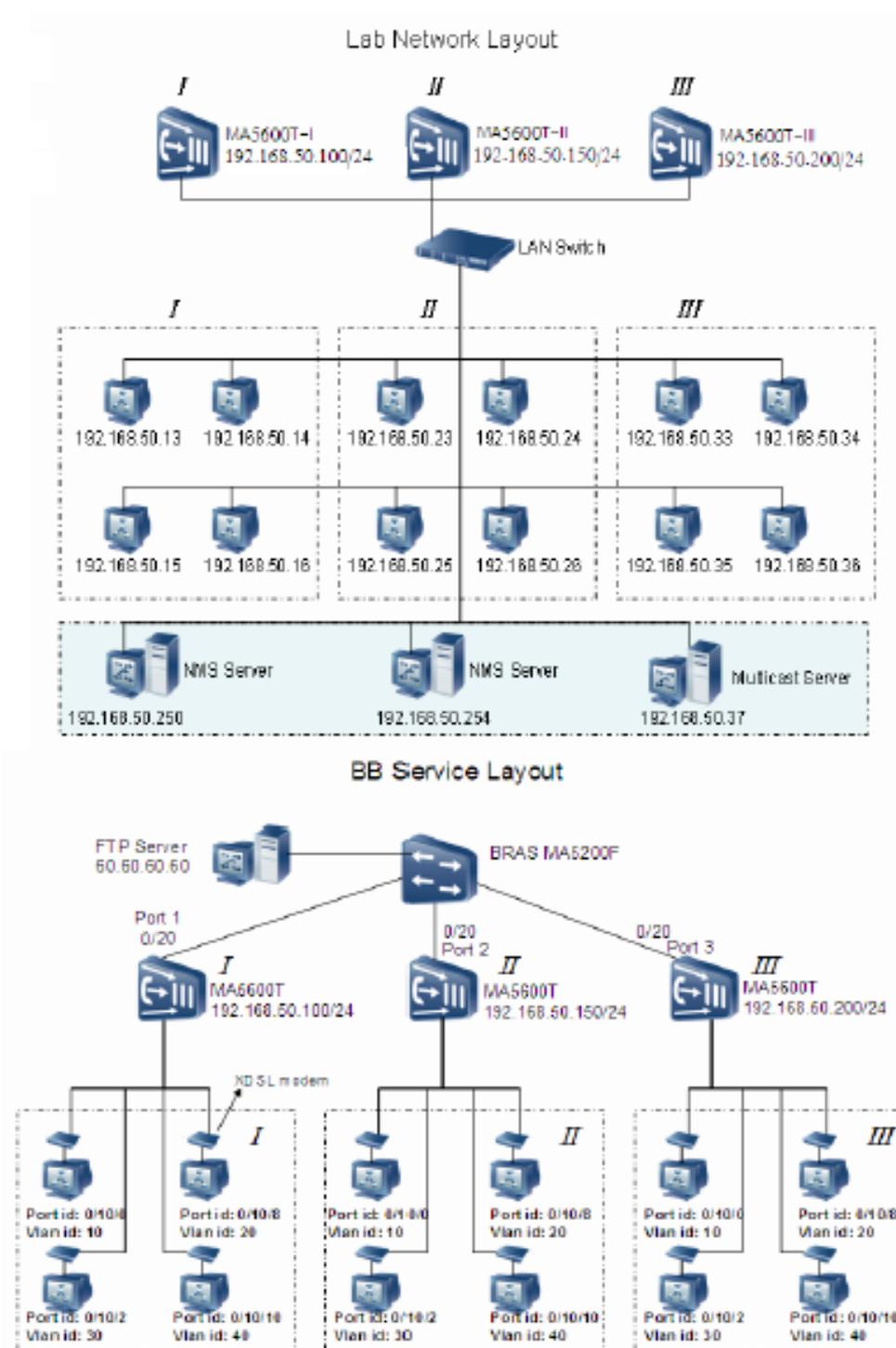
**SmartAX MA5600T**  
**GPON Service Configuration**  
**Practice Guide**  
**ISSUE 2.0**



## Table of Contents

Networking Description.....	1
Practice Objective and Task .....	1
Practice Objective and Task .....	2
1. Objective .....	2
2. Task .....	2
GPON Service Configuration.....	3
1. Configuration specification.....	3
2. Configuration Procedure.....	3
3. Configuration Steps .....	4
3.1 Configure a VLAN for GPON service.....	4
3.2 Configure link-aggregation group.....	4
3.3 Configure upstream ports of Internet service vlan .....	4
3.4 Configure T-Cont profile.....	4
3.5 Configure upstream/downstream CAR profiles.....	5
3.6 Configure an ONT-profile.....	6
3.7 Add the ONT .....	7
3.8 Binding a T-Cont profile .....	7
3.9 Add the GEM-port .....	8
3.10 Bind the GEM-port with T-CONT .....	8
3.11 Set the mapping between GEM-port and user-vlan.....	8
3.12 Specify the user-vlan for ONT.....	9
3.13 Adding a service port to vlan 1284.....	9
4. Verification and Test.....	10

## Networking Description



## Practice Objective and Task

### 1. Objective

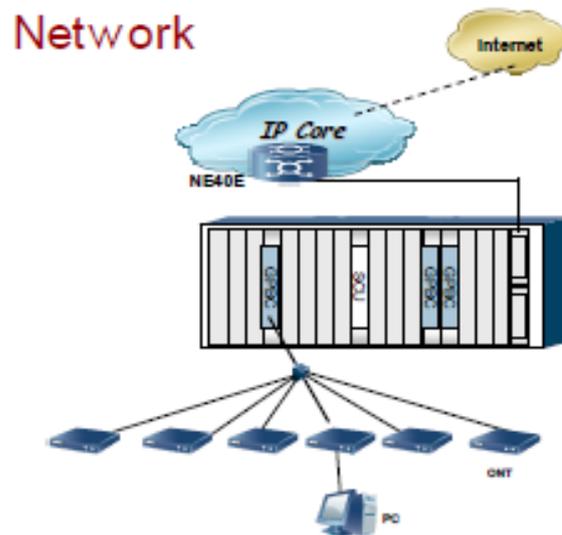
- (1) Clear about the GPON service configuration procedure
- (2) Practice the GPON line-profile configuration
- (3) Practice the traffic table configuration
- (4) Practice the VLAN configuration
- (5) Practice the uplink port and service port configuration
- (6) Finish the GPON service configuration by yourself

### 2. Task

Configuration the GPON service, then test the configuration:

Launch the PPPOE terminal (Broadband connection), put in the PPPOE username and password.

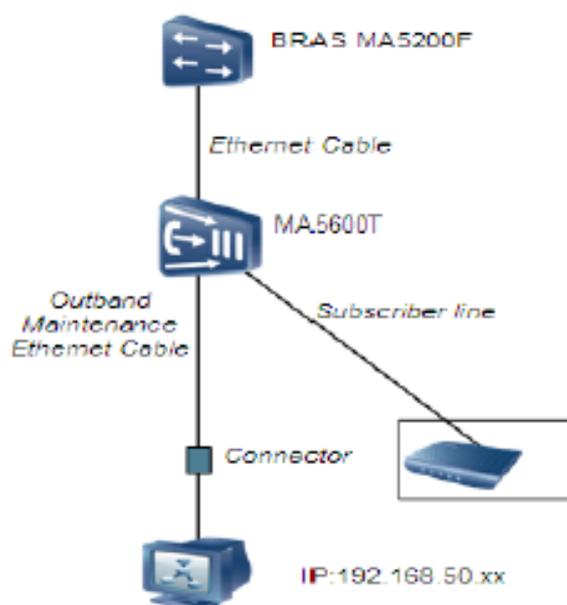
The user can get the IP address from BRAS and down load the files from the FTP Server.



## GPON Service Configuration

### 1. Configuration specification

First, we login to system via Ethernet cable (Outband management), like the following:



### Configuration Environment

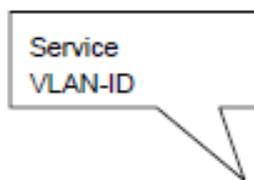
### 2. Configuration Procedure

The data configuration procedure is as follows:

- (1) (Optional) Configure the tcont-profile
- (2) (Optional) Configure the traffic table
- (3) (Optional) Configure the GPON physical port
- (4) Create the service VLAN
- (5) Configure the uplink port of service VLAN
- (6) Bind TCONT with tcont-profile
- (7) Configure GEM port
- (8) Configure the service port

### 3. Configuration Steps

#### 3.1 Configure a VLAN for GPON service



```
MA5600(config)#vlan
{ vlanid<U><2,4093>|vlan-list<S><1,256>|reserve<K>|attrib<K>|desc<K> }:1284
{ vlantype<E><mux,standard,smart,super>|to<K> }:smart
```

Command:

```
vlan 1284 smart
```

#### 3.2 Configure link-aggregation group

```
MA5600(config)#link-aggregation
{ frame/slot<S><3,4> }:0/19
{ port-list<S><1,255> }:0-1
{ frame/slot<S><3,4>|mode<E><ingress,egress-ingress> }:egress-ingress
{ <cr>|workmode<K> }:
```

Command:

```
link-aggregation 0/19 0-1 egress-ingress
```

#### 3.3 Configure upstream ports of Internet service vlan

```
MA5600(config)#port vlan
{ vlanid<U><1,4093>|vlan-list<S><1,256> }:1284
{ frame/slot<S><1,15>|to<K> }:0/19
{ portlist<S><1,256> }:0-1
```

Command:

```
port vlan 1284 0/19 0-1
```

The port list includes link aggregation master port(s),  
so the other link aggregation port(s)  
not being included by the port list will be processed

#### 3.4 Configure T-Cont profile

```
MA5600(config)#tcont-profile add type1
{ fix<K> }:fix
{ fix-bandwidth<U><512,1233408> }:1500
```

```
{ <cr>|bandwidth_compensate<K> }:
```

Command:

```
tcont-profile add type1 fix 1500
```

### 3.5 Configure upstream/downstream CAR profiles

#### Upstream CAR profile

```
MA5600(config)#traffic table index 26 ip
```

```
{ car<K> }:car
```

```
{ carval<U><64,524288>|off<K> }:1024
```

```
{ priority<K> }:priority
```

```
{ prival<U><0,7>|user-cos<K>|user-tos<K> }:0
```

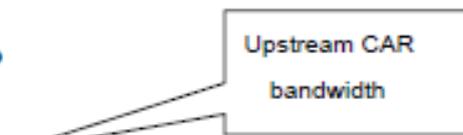
```
{ priority-policy<K> }:priority-policy
```

```
{ priority-policy<E><Local-Setting,Tag-In-Package> }:local-Setting
```

Command:

```
traffic table ip car 1048 priority 0 priority-policy local-Setting
```

Create traffic descriptor record successfully



Upstream CAR  
bandwidth

```
-----
TD Index      : 26
Priority      : 0
Priority policy : local-pri
CAR          : 1024 kbps
TD Type      : NoClpNoScr
Service category : ubr
Referenced Status: not used
EnPPDISC    : on
EnEPDISC    : on
Clp01Pcr    : 1024 kbps
```

#### Downstream CAR profile

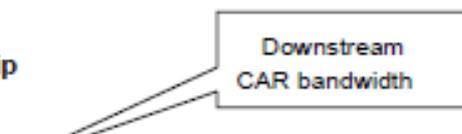
```
MA5600(config)#traffic table index 27 ip
```

```
{ car<K> }:car
```

```
{ carval<U><64,524288>|off<K> }:2048
```

```
{ priority<K> }:priority
```

```
{ prival<U><0,7>|user-cos<K>|user-tos<K> }:0
```



Downstream  
CAR bandwidth

SmartAX MA5600T GPON Service Laboratory Exercise Guide  
ISSUE 1.0

---

```
{ priority-policy<K> };priority-policy
{ priority-policy<E><Local-Setting,Tag-In-Package> }:local-Setting
```

Command:

```
traffic table ip car 2048 priority 0 priority-policy local-Setting
Create traffic descriptor record successfully
```

---

```
TD Index      : 27
Priority       : 0
Priority policy : local-pri
CAR           : 2048 kbps
TD Type       : NoClpNoScr
Service category : ubr
Referenced Status: not used
EnPPDISC     : on
EnEPDISC     : on
Clp01Pcr     : 2048 kbps
```

---

### 3.6 Configure an ONT-profile

```
MA5600(config)#ont-profile add
{ <cr>|profile-id<K>|profile-name<K> };profile-id
{ profile-id<U><17,128> }:100
{ <cr>|profile-name<K> }:
```

Command:

```
ont-profile add profile-id 100
Press 'Q' or 'q' to quit input
Number of uplink PON ports<1-2> [1]:1
Number of IP addresses<0-IP config not supported,1-one address> [1]:1
The type of MAC bridge<1-Single,2-Multi> [1]:1
Number of GEM ports<1-32> [32]:32
Is UNI configuration concerned?<1-not concern, 2-concern> [2]:2
```

SmartAX MA5600T GPON Service Laboratory Exercise Guide  
ISSUE 1.0

```

Number of POTS ports<0-16> [0]:2
Number of FE ports<0-32> [0]:4
Number of GE ports<0-8> [0]:
TDM port type<1-E1,2-T1> [1]:
TDM service type<1-TDMoGEM> [1]:1
Number of TDM ports<0-8> [0]:0
Number of MOCA ports<0-8> [0]:
Number of CATV ANI ports<0-2> [0]:
Number of CATV UNI ports<0-16> [0]:
Mapping mode<1-VLANID, 2-802_1pPRI, 3-VLANID_802_1pPRI, 9-IPTOS,
  10-VLANID_IPTOS> [1]:
Number of T-CONTs<1-8> [1]:8
The type of flow control<1-PQ, 2-GEMPORT-CAR, 3-FLOW-CAR> [1]:2

```

```

Adding an ONT profile succeeded
Profile-ID : 100
Profile-Name : ont-profile_100

```

OT550:2-gen  
R, 3-flow-ca  
OT925G:1-P

### 3.7 Add the ONT

```

MA5600(config)#interface gpon 0/5

MA5600(config-if-gpon-0/5)#ont add
{ portid<U><0,3> }:1
{ sn-value<S><13,13>|ontid<U><0,63> }:1
{ sn-value<S><13,13> }:2011-12345678
{ sn-auth<K>|password-auth<K> }:sn-auth
{ profile-id<K>|profile-name<K> }:profile-id
{ profile-id-value<U><1,128> }:100
{ <cr>|desc<K> }:

```

Specified ONT-ID

ONT serial-number

Ont-profile ID

Command:

```
ont add 1 1 2011-12345678 sn-auth profile-id 100
```

### 3.8 Binding a T-Cont profile

```
MA5600(config-if-gpon-0/5)#tcont bind-profile 1 1 profile-id
```

ONT- ID

```
{ profile-id<U><1,512> }:10
```

Command:

```
tcont bind-profile 1 1 1 profile-id 10
```

Binding a T-CONT profile succeeded

### 3.9 Add the GEM-port

```
MA5600(config-if-gpon-0/5)#gempport add 1
{ gemportid<K>|gempport-num<K> }:gempportid
{ gempportlist<S><3,159> }:151
{ service-type<E><eth,tdm> }:eth
{ <cr>|encrypt<K> }:
```

GPON port- ID

GEM port- ID

Command:

```
gempport add 1 gemportid 151 eth
```

### 3.10 Bind the GEM-port with T-CONT

```
MA5600(config-if-gpon-0/5)#ont gempport
{ bind<K>|mapping<K> }:bind
{ portid<U><0,3> }:1
{ ontid<U><0,63> }:1
{ gempport-list<S><3,159> }:151
{ tcont-id<U><0,7> }:1
{ priority-queue<U><0,7> }:0
```

GPON port- ID

ONT- ID

GEM port- ID

Command:

```
ont gempport bind 1 1 151 1 0
```

### 3.11 Set the mapping between GEM-port and user-vlan

```
MA5600(config-if-gpon-0/5)#ont gempport
{ bind<K>|mapping<K> }:mapping
{ portid<U><0,3> }:1
{ ontid<U><0,63> }:1
{ gemportid<U><128,3999> }:151
{ fe<K>|ge<K>|moca<K>|vlan<K>|priority<K>|iphost<K>|e1<K> }:vlan
{ vlan<U><0,31> }:11
```

User-vlan ID

Command:

```
ont gempport mapping 1 1 151 vlan 11
```

### 3.12 Specify the user-vlan for ONT

```
MA5600(config-if-gpon-0/5)# ont port vlan
{ portid<U><0,3> }:1
{ ontid<U><0,63> }:1
{ iphost<K>|fe<K>|ge<K>|moca<K> }:fe
{ vlanid<U><0,4095> }:11
{ ont-portlist<S><1,100> }:1
```

Command:

```
ont port vlan 1 1 fe 11 1
```

```
MA5600(config-if-gpon-0/5)#ont port native-vlan
{ portid<U><0,3> }:1
{ ontid<U><0,63> }:1
{ iphost<K>|fe<K>|ge<K>|moca<K> }:fe
{ ont-portid<U><0,31> }:1
{ vlan<K>|priority<K> }:vlan
{ vlanid<U><0,4095> }:11
{ <cr>|priority<K> }:
```

Command:

```
ont port native-vlan 1 1 fe 1 vlan 11
```

Setting the native VLAN for the specified port succeeded

### 3.13 Adding a service port to vlan 1284

```
MA5600(config)#service-port
{ vlan<K>|desc<K> }:vlan
{ vlanid<U><1,4093>|aoe<K> }:1284
{ adsl<K>|shdsl<K>|vdsl<K>|atm<K>|eth<K>|gpon<K> }:gpon
{ frameid/slotid/portid<S><1,15> }:0/5/1
{ gempport<K> }:gempport
{ gempportid<U><128,3999> }:151
```

SmartAX MA5600T GPON Service Laboratory Exercise Guide  
ISSUE 1.0

```
{ rx-cttr<K>|multi-service<K> } :multi-service user-vlan 11
```

```
{ rx-cttr<K> } :rx-cttr
```

```
{ rx-index<U><0,511> } :27
```

```
{ tx-cttr<K> } :tx-cttr
```

```
{ tx-index<U><0,511> } :26
```



Command:

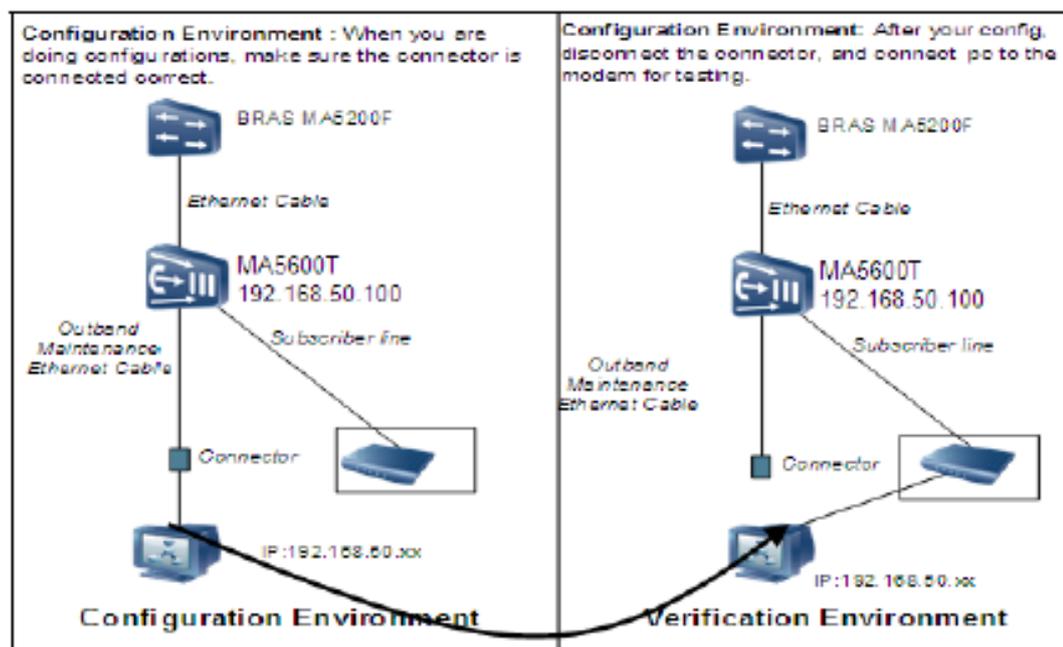
```
service-port vlan 1284 gpon 0/5/1 gempport 151 multi-service user-vlan 11
rx-cttr 27 tx-cttr 27
```

## 4. Verification and Test

### Step1: Change the connector

Disconnect the computer to the MA5600T;

Connect the computer to the ONT



### Step2: Connect and turn on the ONT

Check about the indicators:

SmartAX MA5600T GPON Service Laboratory Exercise Guide  
ISSUE 1.0



Step3: Launch the PPPOE terminal

Broadband connection

Double click the icon on the desktop.

Connect Internet ADSL

User name: user1@MA5600T

Password: .....

Save this user name and password for the following users:

Me only

Anyone who uses this computer

Dial Cancel Properties Help

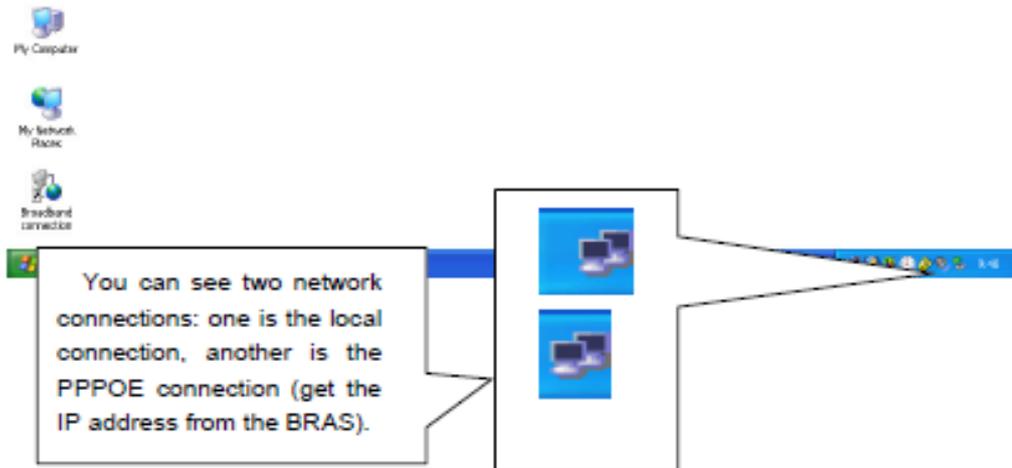
Put in your username

Put in your password

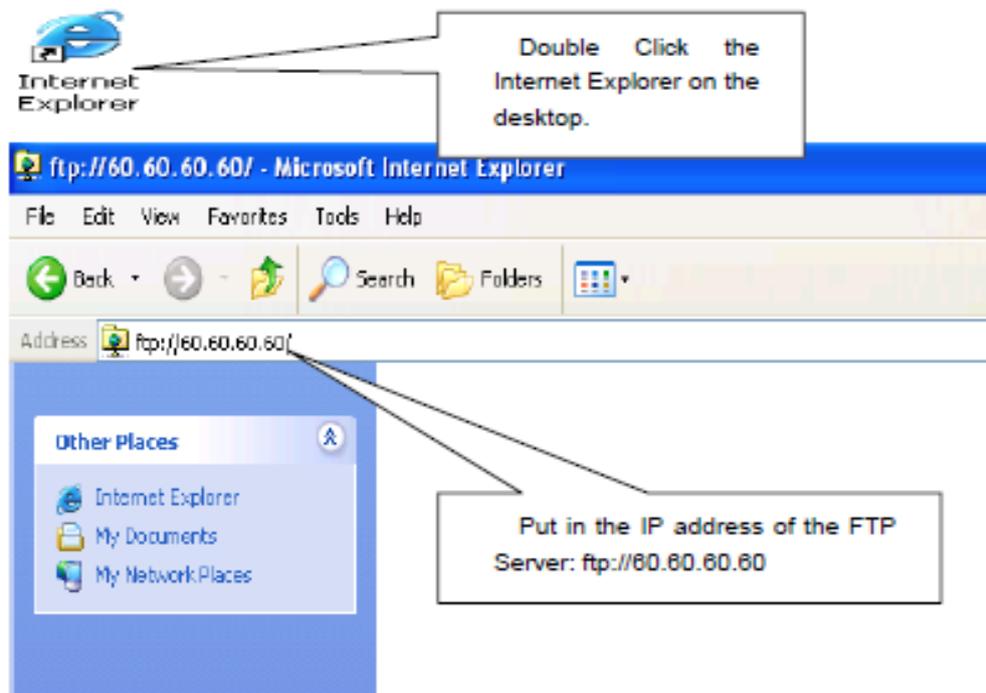
Click Connect

SmartAX MA5600T GPON Service Laboratory Exercise Guide  
ISSUE 1.0

If all the configuration is correct, your computer can get the ip address from the BRAS.



**Step4: Down load the files for the FTP Server**



**Tips:**

Now you can down load the files in the FTP Server.

SmartAX MA5600T GPON Service Laboratory Exercise Guide  
ISSUE 1.0

---

The GPON service configuration is finished.

Congratulations!

**Notes: Please shutdown the computer and turn back the Lab environment  
before you leave the Lab.**

**Thanks for your cooperation.**



# ANEXO 4



## FIBRE

### 50/125 Multimode Optical Fibre

The best solution for local applications

- Lower system cost
- Easy splicing
- Compatibility



**About Us**

With over 25 years experience of manufacturing optical fibres, Prysmian is able to offer an extensive product portfolio made to achieve the highest levels of quality and performance.

With a deep understanding of present and future market requirements, Prysmian's product range is targeted at the differing needs of the customer.

Prysmian is in the unique position of having access to all three major manufacturing processes, MCVD (Modified Chemical Vapour Deposition), OVD (Outside Vapour Deposition) and VAD (Vapour Axial Deposition).

This enables Prysmian to obtain an optimised range of products for different applications.

#### Enquiries

The optical characteristics of 50/125 Multimode Optical Fibre can be tailored to meet your precise specifications. Whatever your requirements, if you need more information or would like to place an order, please call Prysmian Telecom Cables and Systems on +39 02 6449 7588.

2008

**Prysmian Cables and Systems**  
Via S. Vito 22/2, 20126 Milano, Italy - Tel. +39 02 6449 7588, Fax +39 02 6811 2234 - [info@prysmian.com](mailto:info@prysmian.com)

[info@prysmian.com](mailto:info@prysmian.com)



[www.prysmian.com](http://www.prysmian.com)

2008



# FIBRE

## 50/125 Multimode Optical Fibre

Prysmian Telecom Cables and Systems is a world leader in optical networking, offering a comprehensive range of vertically integrated products and services. We create everything from in-house local area networks to international communication links spanning oceans and continents.



### Benefits

- > **Lower system cost**  
In a local network the cost of the transmitters is a substantial portion of the total system cost. With 50/125 multimode fibres, it is possible to use low cost transceivers, such as LEDs and VCSELs.
- > **Easy splicing**  
Local networks allow many users to connect to the network. This implies that a simple and strong connection is required. With 50/125 multimode fibre it is possible to obtain easy, robust and low cost connections.
- > **Compatibility**  
50/125 multimode fibres are compatible with industry standards for fibre optic networks protocol like FDDI, Ethernet, Token Ring and ATM.

### Application

50/125 multimode fibres are developed for all applications where the distances covered are short, such as Local Area Network (LAN) or all networks with a small extension like campus, buildings or office. Multimode fibres also enables connections for backbone, riser or horizontal link. All these networks are characterized with many points of access to the fibre and a short distance covered. The index profile of multimode fibres is specifically tuned to provide the optimum solution for these local applications.

### Mechanical specifications

Multimode optical fibre is proof tested at an elongation greater than or equal to 1%. This fibre is characterized in terms of Weibull plot and n<sub>1</sub> value (Stress Corrosion Susceptibility factor), with typical values above 15 (Dynamic Test).

### Characteristics

The 50/125 Multimode fibre uses the physics of light and glass in innovative ways to confirm its leadership in local area network communications. Refinements to the index profile and coating geometries of the fibre ensure a high level of performance and a broad and future proof range of uses for this fibre.

The 50/125 Multimode fibre is compliant with ITU-T Recommendation G.651 and IEC 60793-2-10 A1a.

### Key Features

- Splicing operation is facilitated by the large core.
- The large core of multimode fibres enables the use of low cost transceivers with a big spot size.
- The core index profile is optimised to boost the total band achievable.

### DIMENSIONAL SPECIFICATIONS

Glass geometry	Unit
Core diameter	µm
Cladding diameter	µm
Core concentricity	µm
Cladding concentricity	µm
Core non-circularity	%
Core non-circularity	%

Coating geometry	Unit
External coating diameter	µm
Coating/substrate concentricity error	µm

### OPTICAL SPECIFICATIONS

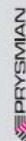
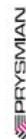
Attenuation coefficients	Unit
@ 850 nm	dB/km
@ 1300 nm	dB/km

Modal Bandwidth	Unit
@ 850 nm	Mbit-km
@ 1300 nm	Mbit-km

Numerical Aperture	Unit

Note: Higher bandwidth fibres, like OM3, are also available from stock.

Any questions? Our team of experienced technical staff is ready to talk to you. See contact details.



## ANEXO 5



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT**G.984.2**

(03/2003)

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

---

**Redes ópticas pasivas con capacidad  
de gigabits: Especificación de la capa  
dependiente de los medios físicos**Recomendación UIT-T G.984.2

---

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

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

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

## Recomendación UIT-T G.984.2

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

#### Resumen

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

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

#### Orígenes

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

## PREFACIO

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

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

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

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

## NOTA

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

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

## PROPIEDAD INTELECTUAL

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

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

© UIT 2003

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

## ÍNDICE

		<b>Página</b>
1	Alcance .....	1
2	Referencias .....	1
3	Definiciones .....	2
4	Abreviaturas .....	2
5	Arquitectura de la red de acceso óptico .....	3
6	Servicios .....	4
7	Interfaz usuario-red e interfaz de nodo de servicio .....	4
8	Requisitos de la red óptica .....	4
8.1	Estructura de la red óptica dividida en capas .....	4
8.2	Requisitos de la capa dependiente del medio físico para la GPON .....	4
8.3	Interacción entre la capa PMD de la GPON y la capa TC .....	24
	Apéndice I – Asignación del tiempo de tara de la capa física (informativo) .....	27
	Apéndice II – Descripción del mecanismo de nivelación de potencia y ejemplos .....	29
II.1	Introducción .....	29
II.2	Niveles de la ONU .....	29
II.3	Umbrales en la OLT .....	29
II.4	Detección de potencia .....	31

## Recomendación UIT-T G.984.2

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

#### 1 Alcance

Esta Recomendación tiene por objeto describir las redes de acceso flexible que utilizan la tecnología de fibra óptica. Se centra principalmente en los servicios de soporte de red con requisitos de anchura de banda que van desde los servicios vocales hasta los servicios de datos con velocidades de gigabits por segundo. Además, se incluyen servicios distributivos.

En esta Recomendación se describen las características de la capa PMD de una red de acceso óptico (OAN, *optical access network*) con capacidad para transportar diversos servicios entre la interfaz usuario-red y la interfaz del nodo de servicio.

La OAN contemplada en esta Recomendación debe permitir que el operador de red ofrezca versiones mejoradas con la suficiente flexibilidad para satisfacer las necesidades futuras de sus clientes, en particular en la zona de la red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*). La ODN considerada se fundamenta en la opción de árbol y rama punto a multipunto.

Esta Recomendación se centra en las cuestiones propias de la fibra, ya que las cuestiones relativas al cobre en los sistemas híbridos se describen en otros documentos tales como las Recomendaciones sobre la línea de abonado digital x (xDSL, *digital subscriber line x*) (serie G.99x).

Esta Recomendación se centra además en las adiciones y modificaciones de las Recomendaciones anteriores de la serie G.983.x, que describen una arquitectura basada en el modo de transferencia asíncrono (ATM, *asynchronous transfer mode*) por una red óptica pasiva. La finalidad de estas adiciones y modificaciones es soportar velocidades de datos más altas, especialmente para el transporte de servicios de datos.

En esta Recomendación se proponen los requisitos y especificaciones de la capa física para la capa PMD de una red óptica pasiva con capacidad de gigabits (GPON, *gigabit-capable passive optical network*). Las especificaciones de la capa TC y del protocolo de determinación de distancia se describen en otra Recomendación UIT-T.

#### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.652 (2003), *Características de las fibras y cables ópticos monomodo*.
- [2] Recomendación UIT-T G.957 (1999), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona*.
- [3] Recomendación UIT-T G.982 (1996), *Redes de acceso óptico para el soporte de servicios que funcionan con velocidades binarias de hasta la velocidad primaria de la red digital de servicios integrados (RDSI) o velocidades binarias equivalentes*.

- [4] Recomendación UIT-T G.983.1 (1998), *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas*.
- [5] Recomendación UIT-T G.983.3 (2001), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con capacidad de servicio incrementada mediante atribución de longitud de onda*.
- [6] Recomendación UIT-T G.984.1 (2003), *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Características generales*.

### 3 Definiciones

En esta Recomendación se utilizan a menudo términos definidos en las Recomendaciones UIT-T G.983.1 y G.983.3. Para mayor facilidad, se incluyen en esta cláusula las principales definiciones relativas a la capa PMD de las GPON.

**3.1 red de acceso óptico (OAN, *optical access network*):** Conjunto de enlaces de acceso que comparten las mismas interfaces del lado red y están soportados por sistemas de transmisión de acceso óptico. La OAN puede incluir varias ODN conectadas a la misma OLT.

**3.2 red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*):** Aquella que proporciona el medio de transmisión óptico desde la OLT hasta los usuarios, y viceversa. Utiliza componentes ópticos pasivos.

**3.3 terminación de línea óptica (OLT, *optical line termination*):** Aquella que proporciona la interfaz en el lado red de la OAN y está conectada a una o varias ODN.

**3.4 terminación de red óptica (ONT, *optical network termination*):** ONU utilizada para FTTH y que incluye la función de puerto de usuario.

**3.5 unidad de red óptica (ONU, *optical network unit*):** Aquella que proporciona (directamente o a distancia) la interfaz en el lado usuario de la OAN y está conectada a la ODN.

**3.6 acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA, *time division multiple access*):** Técnica de transmisión en la que se multiplexan muchos intervalos de tiempo en una misma parte útil.

**3.7 multiplexación por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*):** Multiplexación bidireccional que emplea diferentes longitudes de onda para las señales ascendentes y descendentes.

### 4 Abreviaturas

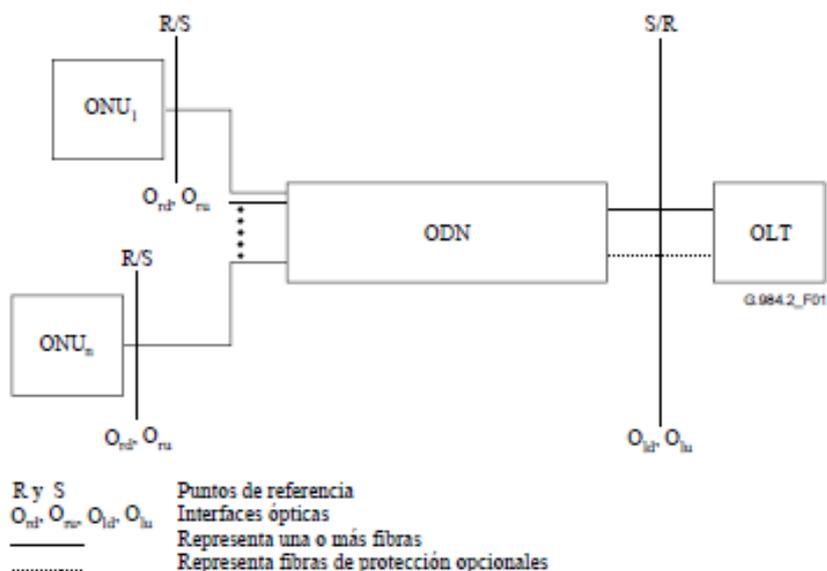
En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

APD	Fotodiodo de avalancha ( <i>avalanche photodiode</i> )
ATM	Modo de transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
BER	Tasa de errores en los bits ( <i>bit error ratio</i> )
CID	Dígitos idénticos consecutivos ( <i>consecutive identical digit</i> )
DFB	Láser con realimentación distribuida ( <i>distributed feedback laser</i> )
DSL	Línea de abonado digital ( <i>digital subscriber line</i> )
E/O	Eléctrico/óptico ( <i>electrical/optical</i> )
FEC	Corrección de errores en recepción ( <i>forward error correction</i> )
FTTH	Fibra a la vivienda ( <i>fibre to the home</i> )
GPON	Red óptica pasiva con capacidad de gigabits ( <i>gigabit-capable passive optical network</i> )

MLM	Modo multilongitudinal ( <i>multi-longitudinal mode</i> )
MPN	Ruido de partición de modo ( <i>mode partition noise</i> )
NRZ	Sin retorno a cero ( <i>non return to zero</i> )
O/E	Óptico/eléctrico ( <i>optical/electrical</i> )
OAN	Red de acceso óptico ( <i>optical access network</i> )
ODF	Repartidor óptico ( <i>optical distribution frame</i> )
ODN	Red de distribución óptica ( <i>optical distribution network</i> )
OLT	Terminación de línea óptica ( <i>optical line termination</i> )
ONT	Terminación de red óptica ( <i>optical network termination</i> )
ONU	Unidad de red óptica ( <i>optical network unit</i> )
ORL	Pérdida de retorno óptica ( <i>optical return loss</i> )
PIN	Fotodiodo sin ganancia por avalancha interna ( <i>photodiode without internal avalanche gain</i> )
PON	Red óptica pasiva ( <i>passive optical network</i> )
PRBS	Secuencia pseudoaleatoria de bits ( <i>pseudo-random bit sequence</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RDSI-BA	Red digital de servicios integrados de banda ancha
RMS	Valor cuadrático medio ( <i>root mean square</i> )
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SLM	Modo monolongitudinal ( <i>single-longitudinal mode</i> )
SNI	Interfaz de nodo de servicio ( <i>service node interface</i> )
SOA	Amplificador óptico de semiconductores ( <i>semiconductor optical amplifier</i> )
TC	Convergencia de transmisión ( <i>transmission convergence</i> )
TDM	Multiplexación por división en el tiempo ( <i>time division multiplexing</i> )
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo ( <i>time division multiple access</i> )
UI	Intervalo unitario ( <i>unit interval</i> )
UNI	Interfaz usuario-red ( <i>user network interface</i> )
WDM	Multiplexación por división de longitud de onda ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## 5 Arquitectura de la red de acceso óptico

Véase la Rec. UIT-T G.983.1. Para mayor facilidad, se reproduce a continuación la figura 5/G.983.1.



**Figura 1/G.984.2 – Configuración física genérica de la red de distribución óptica (reproducción de la figura 5/G.983.1)**

Los dos sentidos de transmisión óptica en la ODN se definen del siguiente modo:

- sentido descendente: el de las señales transmitidas de la OLT a la(s) ONU,
- sentido ascendente: el de las señales transmitidas de la(s) ONU a la OLT.

La transmisión en sentido descendente y la transmisión en sentido ascendente pueden tener lugar en la misma fibra y en los mismos componentes (funcionamiento dúplex/díplex), o en fibras y componentes distintos (funcionamiento simplex).

## 6 Servicios

Véase la Rec. UIT-T G.984.1.

## 7 Interfaz usuario-red e interfaz de nodo de servicio

Véase la Rec. UIT-T G.984.1.

## 8 Requisitos de la red óptica

### 8.1 Estructura de la red óptica dividida en capas

Véanse las Recomendaciones UIT-T G.983.1 y G.983.3.

### 8.2 Requisitos de la capa dependiente del medio físico para la GPON

#### 8.2.1 Velocidad binaria nominal de la señal digital

La velocidad en la línea de transmisión debe ser múltiplo de 8 kHz. El sistema normalizado deseado tendrá las siguientes velocidades nominales de línea (sentido descendente/sentido ascendente):

- 1244,16 Mbit/s/155,52 Mbit/s,
- 1244,16 Mbit/s/622,08 Mbit/s,
- 1244,16 Mbit/s/1244,16 Mbit/s,

- 2488,32 Mbit/s/155,52 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s/622,08 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s/1244,16 Mbit/s,
- 2488,32 Mbit/s/2488,32 Mbit/s.

Los parámetros que se han de definir se categorizan por sentido descendente o ascendente y por velocidad binaria nominal como se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1/G.984.2 – Relación entre categorías de parámetros y cuadros**

Sentido de transmisión	Velocidad binaria nominal	Cuadro
Sentido descendente	1244,16 Mbit/s	Cuadro 2b (sentido descendente, 1244 Mbit/s)
	2488,32 Mbit/s	Cuadro 2c (sentido descendente, 2488 Mbit/s)
Sentido ascendente	155,52 Mbit/s	Cuadro 2d (sentido ascendente, 155 Mbit/s)
	622,08 Mbit/s	Cuadro 2e (sentido ascendente, 622 Mbit/s)
	1244,16 Mbit/s	Cuadro 2f-1 (sentido ascendente, 1244 Mbit/s) Cuadro 2f-2 (sentido ascendente, 1244 Mbit/s)
	2488,32 Mbit/s	Cuadro 2g-1 (sentido ascendente, 2488 Mbit/s) Cuadro 2g-2 (sentido ascendente, 2488 Mbit/s)

A continuación se especifican todos los parámetros que deben ajustarse al cuadro 2a (ODN) y a los cuadros 2b a 2g-2. En esta Recomendación, estos cuadros suelen denominarse cuadro 2. Hay un tipo independiente de ONU para cada combinación de velocidad binaria ascendente, velocidad binaria descendente y clase de pérdida en el trayecto óptico (clases A, B y C definidas en la Rec. UIT-T G.982).

Los valores de los parámetros especificados corresponden al caso más desfavorable en condiciones normales de funcionamiento (es decir, rangos de temperatura y humedad), incluidos los efectos del envejecimiento. Los parámetros se han especificado con relación a un objetivo de diseño de la sección óptica con una tasa de errores en los bits (BER, *bit error ratio*) mejor que  $1 \times 10^{-10}$  para el caso extremo de condiciones de atenuación y dispersión del trayecto óptico.

Esta Recomendación, en particular los valores de los cuadros 2b a 2g-2, es aplicable a los casos sin banda de mejora, descrita en la Rec. UIT-T G.983.3. En el caso de las GPON con aplicaciones de banda de mejora, es necesario definir un nuevo conjunto de parámetros, incluidos los requisitos de aislamiento entre las distintas bandas de longitudes de onda. Esto se puede describir en otra Recomendación, que tenga la misma relación con ésta que la que tiene la Rec. UIT-T G.983.3 con la Rec. UIT-T G.983.1. No obstante, la longitud de onda óptica especificada en esta Recomendación para el sentido descendente es conforme con la Rec. UIT-T G.983.3, a fin de lograr la integración paulatina de la banda de mejora para el futuro.

## 8.2.2 Medio físico y método de transmisión

### 8.2.2.1 Medio de transmisión

Esta Recomendación se basa en la fibra descrita en la Rec. UIT-T G.652.

### 8.2.2.2 Sentido de transmisión

La señal se transmite en ambos sentidos, ascendente y descendente por el medio de transmisión.

### 8.2.2.3 Método de transmisión

La transmisión bidireccional utiliza o bien la técnica de multiplexación por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*) en una sola fibra, o bien la transmisión unidireccional en dos fibras (véase 8.2.5).

### 8.2.3 Velocidad binaria

Esta cláusula trata de los requisitos de velocidad binaria de la GPON.

#### 8.2.3.1 En sentido descendente

La velocidad binaria nominal de la señal OLT a ONU es 1244,16 ó 2488,32 Mbit/s. Cuando la OLT y la central de extremo están en su estado de funcionamiento normal, esta velocidad puede medirse mediante un reloj Stratum-1 (precisión  $1 \times 10^{-11}$ ). Cuando la central de extremo está en modo de funcionamiento libre, la velocidad de la señal descendente puede medirse mediante un reloj Stratum-3 (precisión  $4,6 \times 10^{-6}$ ). Cuando la OLT se encuentra en modo de funcionamiento libre, la precisión de la señal descendente es la de un reloj Stratum-4 (precisión  $3,2 \times 10^{-3}$ ).

#### 8.2.3.2 En sentido ascendente

La velocidad binaria nominal de la señal ONU a OLT es 155,52, 622,08, 1244,16 ó 2488,32 Mbit/s. Cuando se encuentra en uno de sus estados de funcionamiento y se le autoriza, la ONU deberá transmitir su señal con una precisión igual a la de la señal descendente recibida. La ONU no deberá transmitir ninguna señal cuando no se encuentre en ninguno de sus estados de funcionamiento ni cuando carezca de autorización.

### 8.2.4 Código de línea

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

No se ha definido método de aleatorización en la capa PMD.

El convenio utilizado para el nivel lógico óptico es el siguiente:

- nivel alto de emisión de luz para el UNO binario;
- nivel bajo de emisión de luz para el CERO binario.

### 8.2.5 Longitud de onda de trabajo

#### 8.2.5.1 En sentido descendente

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

El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido descendente en los sistemas de dos fibras será 1260-1360 nm.

#### 8.2.5.2 En sentido ascendente

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

### 8.2.6 Transmisor en $O_{1d}$ y $O_{rn}$

A continuación se especifican los parámetros que se ajustarán al cuadro 2.

#### 8.2.6.1 Tipo de fuente

Véase 8.2.6.1/G.983.1.

#### 8.2.6.2 Características espectrales

Véase 8.2.6.2/G.983.1.

### 8.2.6.3 Potencia media inyectada

La potencia media inyectada en  $O_{id}$  y  $O_m$  es la potencia media de una secuencia pseudoaleatoria de datos inyectada en la fibra por el transmisor. Se presenta como intervalo para optimizar el costo en cierta medida y prevenir cualquier eventualidad en condiciones normales de funcionamiento, de degradación de los conectores del transmisor, tolerancias de las mediciones y efectos del envejecimiento.

En el estado operativo, el valor más bajo es la potencia mínima que se suministrará y el más alto es la potencia que no se debe rebasar bajo ninguna circunstancia.

NOTA – Para la medición de la potencia inyectada en la interfaz óptica  $O_m$  se debe tener en cuenta el carácter racheado del tráfico ascendente transmitido por las ONU.

#### 8.2.6.3.1 Potencia óptica inyectada sin entrada al transmisor

En sentido ascendente, el transmisor de la ONU no debe inyectar potencia en la fibra en los intervalos que no hayan sido asignados a dicha ONU. No obstante, se permite un nivel de potencia óptica menor o igual que la potencia inyectada sin entrada al transmisor, especificada en los cuadros 2d a 2g-1. La ONU también deberá cumplir este requisito durante el tiempo de guarda de los intervalos que le hayan sido asignados, exceptuando los últimos bits de activación del transmisor que pueden utilizarse para la prepolarización del láser, y los bits de desactivación del transmisor inmediatamente a continuación de la célula asignada, durante la cual la salida cae a cero. El máximo nivel de potencia inyectado permitido durante la prepolarización del láser es el nivel cero correspondiente a la relación de extinción especificada en los cuadros 2d a 2g-1.

En la serie de cuadros 2d a 2g-1 se presenta la especificación del número máximo de bits de activación y desactivación del transmisor, para cada velocidad binaria en sentido ascendente.

#### 8.2.6.4 Mínima relación de extinción

El convenio adoptado para los niveles lógicos ópticos es el siguiente:

- nivel alto de emisión de luz para el "1" lógico;
- nivel bajo de emisión de luz para el "0" lógico.

La relación de extinción (EX) se define del siguiente modo:

$$EX = 10 \log_{10} (A/B)$$

siendo A el nivel medio de potencia óptica en el centro del "1" lógico y B el nivel medio de potencia óptica en el centro del "0" lógico.

La relación de extinción para la señal en modo ráfaga en sentido ascendente se aplica desde el primer bit del preámbulo hasta el último bit de la señal de ráfaga inclusive. Esto no es aplicable a procedimientos finales relacionados con el establecimiento de la potencia óptica.

#### 8.2.6.5 Reflectancia máxima del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor

Véase 8.2.6.5/G.983.1.

#### 8.2.6.6 Plantilla del diagrama en ojo del transmisor

Véase 8.2.6.6/G.983.1.

##### 8.2.6.6.1 Transmisor OLT

Los parámetros que definen la plantilla del diagrama en ojo se muestran en la figura 2.

##### 8.2.6.6.2 Transmisor ONU

Los parámetros que definen la plantilla del diagrama en ojo se muestran en la figura 3.

La plantilla del diagrama en ojo para la señal en modo ráfaga en sentido ascendente se aplica desde el primer bit del preámbulo hasta el último bit de la señal de ráfaga inclusive. Esto no es aplicable a los procedimientos finales relativos al establecimiento de la potencia óptica.

#### 8.2.6.7 Tolerancia a la potencia óptica reflejada

Debe satisfacerse la calidad de funcionamiento especificada para el transmisor cuando se alcanza, en el punto S, el nivel de reflexión óptica especificado en el cuadro 2.

#### 8.2.7 Trayecto óptico entre $O_{td}/O_{rn}$ y $O_{rd}/O_{tn}$

##### 8.2.7.1 Intervalo de atenuación

Véase 8.2.7.1/G.983.1.

##### 8.2.7.2 Pérdida de retorno óptica mínima de la planta de cable en el punto R/S, incluidos los conectores

Véase 8.2.7.2/G.983.1.

##### 8.2.7.3 Reflectancia discreta máxima entre los puntos S y R

Véase 8.2.7.3/G.983.1.

##### 8.2.7.4 Dispersión

Véase 8.2.7.4/G.983.1.

#### 8.2.8 Receptor en $O_{rd}$ y $O_{tn}$

A continuación se especifican todos los parámetros que deberán ajustarse al cuadro 2.

##### 8.2.8.1 Sensibilidad mínima

Véase 8.2.8.1/G.983.1.

##### 8.2.8.2 Sobrecarga mínima

Véase 8.2.8.2/G.983.1.

##### 8.2.8.3 Máxima penalización del trayecto óptico

El receptor deberá tolerar una penalización del trayecto óptico que no rebase 1 dB considerando la degradación total debida a las reflexiones, la interferencia entre símbolos, el ruido de partición de modo y la fluctuación del láser. En sentido ascendente, los tipos de láser especificados en el cuadro 2 producen menos de 1 dB de penalización de trayecto óptico sobre la ODN. Como se indica en la nota 5 de los cuadros 2e y 2f-1, se puede aceptar un aumento de penalización del trayecto óptico ascendente debida a la dispersión a velocidades binarias de 622 Mbit/s o superiores, siempre que todo aumento de penalización en el trayecto óptico por encima de 1 dB se compense con un aumento de la potencia inyectada transmitida mínima o un aumento de la sensibilidad mínima del receptor.

##### 8.2.8.4 Máximo alcance lógico

El máximo alcance lógico se define como la longitud máxima que se puede alcanzar en un sistema de transmisión determinado independientemente del presupuesto óptico. Se mide en km y no está limitado por los parámetros de dispersión por modo de polarización (PMD, *polarization mode dispersion*) sino más bien por cuestiones relacionadas con la capa TC y la implementación.

##### 8.2.8.5 Máximo alcance lógico diferencial

El alcance lógico diferencial es la máxima diferencia de alcance lógico entre todas las ONU. Se mide en km y no está limitado por los parámetros PMD sino por la capa TC y las cuestiones de implementación.

**8.2.8.6 Máxima reflectancia del equipo receptor, medida a la longitud de onda del receptor**

Véase 8.2.8.4/G.983.1.

**8.2.8.7 Pérdida de trayecto óptico diferencial**

Véase 8.2.8.5/G.983.1.

**8.2.8.8 Capacidad de extracción del reloj**

Véase 8.2.8.6/G.983.1.

**8.2.8.9 Característica de fluctuación de fase**

Esta cláusula trata de los requisitos de fluctuación de fase de las interfaces ópticas en la GPON.

**8.2.8.9.1 Transferencia de la fluctuación de fase**

La especificación de la transferencia de la fluctuación de fase se aplica solamente a la ONU.

La función de transferencia de la fluctuación de fase se define del siguiente modo:

$$\text{transf. de fluct. de fase} = 20 \log_{10} \left[ \frac{\text{fluct. UI señal ascendente}}{\text{fluct. UI señal descendente}} \times \frac{\text{velocidad binaria descendente}}{\text{velocidad binaria ascendente}} \right]$$

La función de transferencia de fluctuación de fase de una ONU deberá estar por debajo de la curva de la figura 4, cuando se aplica una fluctuación de fase sinusoidal no superior al nivel de la plantilla de la figura 5, con los parámetros especificados en dicha figura para cada velocidad binaria.

**8.2.8.9.2 Tolerancia de la fluctuación de fase**

Véase 8.2.8.7.2/G.983.1.

**8.2.8.9.3 Generación de la fluctuación de fase**

La especificación de la generación de la fluctuación de fase se aplica solamente a la ONU.

Una ONU no deberá generar una fluctuación de fase cresta a cresta superior a 0,2 UI a velocidades binarias de 155,52 ó 622,08 Mbit/s ni superior a 0,33 UI cresta a cresta a 1244,16 Mbit/s, cuando no haya aplicada ninguna fluctuación de fase a la entrada descendente y la medición se efectúe en una anchura de banda especificada en los cuadros 2d a 2g-1. La máxima fluctuación de fase cresta a cresta permitida a 2488,32 Mbit/s y el intervalo de frecuencias de medición correspondientes quedan pendientes de estudio.

**8.2.8.10 Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos (CID, consecutive identical digit)**

La OLT y la ONU tendrán inmunidad a CID como se especifica en los cuadros 2b a 2g.

**8.2.8.11 Tolerancia a la potencia reflejada**

Véase 8.2.8.9/G.983.1.

**8.2.8.12 Calidad de transmisión y característica de error**

Véase 8.2.8.10/G.983.1.

Cuadro 2a/G.984.2 – Parámetros de la capa dependiente del medio físico de la ODN

Elementos	Unidad	Especificación
Tipo de fibra (Nota 1)	–	Rec. UIT-T G.652
Gama de atenuación (Rec. UIT-T G.982)	dB	Clase A: 5-20 Clase B: 10-25 Clase C: 15-30
Pérdida del trayecto óptico diferencial	dB	15
Máxima penalización del trayecto óptico	dB	1 (véase la nota 5 en los cuadros 2e y 2f-1)
Máximo alcance lógico	km	60 (Nota 2)
Máximo alcance lógico diferencial	km	20
Máxima distancia de fibra entre los puntos S/R y R/S	km	20 (10 como opción)
Mínima relación de división soportada	–	Restringida por la pérdida de trayecto PON con divisores pasivos (divisores de 16, 32 ó 64 vías)
Transmisión bidireccional	–	WDM de 1 fibra o 2 fibras
Longitud de onda de mantenimiento	nm	Por definir
NOTA 1 – La utilización de tipos de fibra diferentes para ampliar el alcance (> 20 km) en el futuro, queda pendiente de estudio, a la espera de una nueva especificación de la PMD.		
NOTA 2 – Ésta es la máxima distancia gestionada por las capas superiores del sistema (MAC, TC, determinación de distancia), considerando la futura especificación de la PMD.		

Cuadro 2b/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s en sentido descendente

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Transmisor OLT (interfaz óptica O<sub>1d</sub>)</b>							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	1244,16			1244,16		
Longitud de onda de trabajo	nm	1480-1500			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ pseudoaleatorizado			NRZ pseudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 2			Figura 2		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	NA			NA		
Mínima ORL de ODN en O <sub>1u</sub> y O <sub>1d</sub> (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	-4	+1	+5	-4	+1	+5
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+1	+6	+9	+1	+6	+9

**Cuadro 2b/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s  
en sentido descendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Transmisor OLT (interfaz óptica O<sub>td</sub>)</b>							
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	NA			NA		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que -15			mayor que -15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	NA			NA		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de -20 dB (Nota 3)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
<b>Receptor ONU (interfaz óptica O<sub>rd</sub>)</b>							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	-	menor que 10 <sup>-10</sup>			menor que 10 <sup>-10</sup>		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-25	-25	-26	-25	-25	-25
Sobrecarga mínima	dBm	-4	-4	-4 (Nota 4)	-4	-4	-4
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	-	Figura 5			Figura 5		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O<sub>tu</sub> y O<sub>rd</sub> y O<sub>tu</sub> y O<sub>ld</sub>" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O<sub>tu</sub> y O<sub>rd</sub> y O<sub>tu</sub> y O<sub>ld</sub>" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a la máxima anchura entre puntos de -20 dB, y a la relación mínima de supresión en modo lateral.</p> <p>NOTA 4 – Aunque sólo se requiere una sobrecarga de -6 dBm para soportar la ODN de clase C, en esta Recomendación se ha elegido un valor de sobrecarga de -4 dBm para uniformidad del receptor ONU en todas las clases de ODN.</p>							

**Cuadro 2c/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s  
en sentido descendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
		A	B	C	A	B	C
<b>Transmisor OLT (interfaz óptica O<sub>1d</sub>)</b>							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	2488,32			2488,32		
Longitud de onda de trabajo	nm	1480-1500			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ pseudoaleatorizado			NRZ pseudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 2			Figura 2		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	NA			NA		
Mínima ORL de ODN en O <sub>1a</sub> y O <sub>1d</sub> (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	0	+5	+3 (Nota 4)	0	+5	+3 (Nota 4)
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+4	+9	+7 (Nota 4)	+4	+9	+7 (Nota 4)
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	NA			NA		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	NA			NA		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 3)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
<b>Receptor ONU (interfaz óptica O<sub>1d</sub>)</b>							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que –20			menor que –20		
Tasa de errores en los bits	–	menor que 10 <sup>-10</sup>			menor que 10 <sup>-10</sup>		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	–21	–21	–28 (Nota 4)	–21	–21	–28 (Nota 4)
Sobrecarga mínima	dBm	–1	–1	–8 (Nota 4)	–1	–1	–8 (Nota 4)
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	Figura 5			Figura 5		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		

**Cuadro 2c/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s  
en sentido descendente**

NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos $O_{in}$ y $O_{rd}$ y $O_{ln}$ y $O_{ld}$ " debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.
NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos $O_{in}$ y $O_{rd}$ y $O_{ln}$ y $O_{ld}$ " sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.
NOTA 3 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a la máxima anchura entre los puntos de -20 dB, y a la relación mínima de supresión en modo lateral.
NOTA 4 – Estos valores suponen la utilización de un láser de alta potencia con realimentación distribuida (DFB, <i>distributed feedback</i> ) para el transmisor OLT y de un receptor basado en APD para la ONU. Teniendo en cuenta los desarrollos futuros de la tecnología SOA, una implementación alternativa futura podría utilizar un láser DFB + SOA, o un diodo láser de alta potencia, para el transmisor OLT, lo que permitiría utilizar un receptor basado en PIN para la ONU. En ese caso los valores supuestos serían (condicionado a la reglamentación y medidas para la seguridad visual): Potencia media inyectada MÁX del transmisor OLT: +12 dBm Potencia media inyectada MÍN del transmisor OLT: +8 dBm Sensibilidad mínima del receptor ONU: -23 dBm Sobrecarga mínima del receptor ONU: -3 dBm

**Cuadro 2d/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica  
a 155 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única		Fibra doble			
		A	B	A	B	C	
<b>Transmisor ONU (interfaz óptica <math>O_{rn}</math>)</b>							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	155,52		155,52			
Longitud de onda de trabajo	nm	1260-1360		1260-1360			
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado		NRZ seudoaleatorizado			
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3		Figura 3			
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	menor que -6		menor que -6			
Mínima ORL de la ODN en $O_{rn}$ y $O_{rd}$ (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32		mayor que 32			
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	-6	-4	-2	-6	-4	-2
Potencia media inyectada MÁX	dBm	-0	+2	+4	-1	+1	+3
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	menor que la sensibilidad mínima -10		menor que la sensibilidad mínima -10			
Máxima activación de Tx (Nota 3)	bits	2		2			
Máxima desactivación de Tx (Nota 3)	bits	2		2			
Relación de extinción	dB	mayor que 10		mayor que 10			

**Cuadro 2d/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica  
a 155 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Transmisor ONU (interfaz óptica O<sub>ru</sub>)</b>							
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que -15			mayor que -15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura cuadrática media	nm	5,8			5,8		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de -20 dB (Nota 4)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Transferencia de fluctuación de fase	-	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase entre 0,5 kHz y 1,3 MHz	UI p-p	0,2			0,2		
<b>Receptor OLT (interfaz óptica O<sub>lu</sub>)</b>							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	-	menor que 10 <sup>-10</sup>			menor que 10 <sup>-10</sup>		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-27	-30	-33	-27	-30	-33
Sobrecarga mínima	dBm	-5	-8	-11	-6	-9	-12
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	-	NA			NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O<sub>ru</sub> y O<sub>rd</sub> y O<sub>lu</sub> y O<sub>ld</sub>" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O<sub>ru</sub> y O<sub>rd</sub> y O<sub>lu</sub> y O<sub>ld</sub>" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – Definida en 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTA 4 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a los valores de máxima anchura entre puntos de -20 dB, y de la mínima relación de supresión en modo lateral.</p>							

**Cuadro 2e/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica  
a 622 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Transmisor ONU (interfaz óptica O<sub>ru</sub>)</b>							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	622,08			622,08		
Longitud de onda de trabajo (Nota 5)	nm	MLM tipo 1 o SLM: 1260~1360 MLM tipo 2: 1280~1350 MLM tipo 3: 1288~1338			MLM tipo 1 o SLM: 1260~1360 MLM tipo 2: 1280~1350 MLM tipo 3: 1288~1338		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	menor que –6			menor que –6		
Mínima ORL de la ODN en O <sub>ru</sub> y O <sub>rd</sub> (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	–6	–1	–1	–6	–1	–1
Potencia media inyectada MÁX	dBm	–1	+4	+4	–1	+4	+4
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	menor que la sensibilidad mínima –10			menor que la sensibilidad mínima –10		
Máxima activación de Tx (Nota 3)	bits	8			8		
Máxima desactivación de Tx (Nota 3)	bits	8			8		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz (Nota 5)	nm	MLM tipo 1: 1,4 MLM tipo 2: 2,1 MLM tipo 3: 2,7			MLM tipo 1: 1,4 MLM tipo 2: 2,1 MLM tipo 3: 2,7		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 4)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase entre 2,0 kHz y 5,0 MHz	UI p-p	0,2			0,2		

**Cuadro 2e/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica  
a 622 Mbit/s en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Receptor OLT (interfaz óptica O<sub>in</sub>)</b>							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	-	menor que 10 <sup>-10</sup>			menor que 10 <sup>-10</sup>		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-27	-27	-32	-27	-27	-32
Sobrecarga mínima	dBm	-6	-6	-11	-6	-6	-11
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	-	NA			NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O<sub>in</sub> y O<sub>rd</sub> y O<sub>in</sub> y O<sub>ld</sub>" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O<sub>in</sub> y O<sub>rd</sub> y O<sub>in</sub> y O<sub>ld</sub>" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – Definida en 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTA 4 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a los valores de la máxima anchura entre puntos de -20 dB, y de la mínima relación de supresión de modo lateral.</p> <p>NOTA 5 – Los tipos de transmisor que cumplen con especificaciones de anchura espectral más estrecha pueden utilizar intervalos de longitud de onda central mayores. Los tipos de láser especificados producen una penalización en el trayecto óptico menor que 1 dB en la ODN. Se pueden utilizar láseres con otros parámetros ópticos siempre que: 1) el intervalo de longitudes de onda no rebase 1260-1360 nm, y 2) cualquier aumento de penalización en el trayecto óptico mayor que 1 dB se compense con un aumento de la potencia inyectada transmitida mínima o con un aumento de la sensibilidad mínima del receptor.</p>							

**Cuadro 2f-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s  
en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Transmisor ONU (interfaz óptica O<sub>ru</sub>)</b>							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	1244,16			1244,16		
Longitud de onda de trabajo	nm	1260-1360			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ pseudoaleatorizado			NRZ pseudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	menor que –6			menor que –6		
Mínima ORL de la ODN en O <sub>ru</sub> y O <sub>rd</sub> (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	–3 (Nota 5)	–2	+2	–3 (Nota 5)	–2	+2
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+2 (Nota 5)	+3	+7	+2 (Nota 5)	+3	+7
Potencia óptica inyectada sin entrada al transmisor	dBm	menor que la sensibilidad mínima –10			menor que la sensibilidad mínima –10		
Máxima activación de Tx (Nota 3)	bits	16			16		
Máxima desactivación de Tx (Nota 3)	bits	16			16		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	(Nota 5)			(Nota 5)		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 4)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase entre 4,0 kHz y 10,0 MHz	UI p-p	0,33			0,33		

**Cuadro 2f-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s  
en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Receptor OLT (interfaz óptica <math>O_{rn}</math>)</b>							
Máxima reflectancia de equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20			menor que -20		
Tasa de errores en los bits	-	menor que $10^{-10}$			menor que $10^{-10}$		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-24 (Nota 6)	-28	-29	-24 (Nota 6)	-28	-29
Sobrecarga mínima	dBm	-3 (Nota 6)	-7	-8	-3 (Nota 6)	-7	-8
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	-	NA			NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
<p>NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos <math>O_{rn}</math> y <math>O_{rd}</math> y <math>O_{ln}</math> y <math>O_{ld}</math>" debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.</p> <p>NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos <math>O_{rn}</math> y <math>O_{rd}</math> y <math>O_{ln}</math> y <math>O_{ld}</math>" sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.</p> <p>NOTA 3 – Definida en 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTA 4 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a los valores de la máxima anchura entre puntos de -20 dB, y de la mínima relación de supresión en modo lateral.</p> <p>NOTA 5 – Aunque los tipos de láser MLM no permiten soportar toda la distancia de fibra de la ODN indicada en el cuadro 2a, se pueden utilizar si la máxima distancia de fibra de la ODN entre puntos R/S y S/R se restringe a 10 km. Se pueden utilizar los tipos de láser MLM del cuadro 2e para soportar esta distancia de fibra restringida a 1244,16 Mbit/s. Estos tipos de láser han de cumplir las condiciones indicadas en la nota 5 del cuadro 2e.</p> <p>NOTA 6 – Estos valores suponen la utilización de un receptor basado en PIN en la OLT para la clase A. En función de la cantidad de ONU conectadas a la OLT, una implementación alternativa desde el punto de vista del costo podría utilizar en la OLT un receptor basado en APD, permitiendo utilizar láseres más económicos en las ONU, con menos potencia emitida acoplada a la fibra. En este caso los valores para la clase A serían:</p> <p>Potencia media inyectada MÍN del transmisor ONU: -7 dBm</p> <p>Potencia media inyectada MÁX del transmisor ONU: -2 dBm</p> <p>Sensibilidad mínima del receptor OLT: -28 dBm</p> <p>Sobrecarga mínima del receptor OLT: -7 dBm</p>							

**Cuadro 2f-2/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 1244 Mbit/s en sentido ascendente, utilizando un mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Transmisor ONU (interfaz óptica <math>O_{\text{ru}}</math>)</b>							
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	-2 (Nota 2)	-2	+2	-2 (Nota 2)	-2	+2
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+3 (Nota 2)	+3	+7	+3 (Nota 2)	+3	+7
<b>Receptor OLT (interfaz óptica <math>O_{\text{lu}}</math>)</b>							
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-23 (Nota 2)	-28	-29	-23 (Nota 2)	-28	-29
Sobrecarga mínima	dBm	-8 (Nota 2)	-13	-14	-8 (Nota 2)	-13	-14
<p>NOTA 1 – En este cuadro se indican únicamente los parámetros del cuadro 2f-1 que se modifican por la aplicación del mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU, concretamente las potencias inyectadas del transmisor ONU y la sensibilidad y sobrecarga del receptor OLT. Los demás parámetros y notas son idénticos a los del cuadro 2f-1.</p> <p>NOTA 2 – Estos valores suponen la utilización en la OLT de un receptor basado en PIN para la clase A. En función del número de ONU conectadas a la OLT, una implementación alternativa desde el punto de vista del costo podría utilizar en la OLT un receptor basado en APD, permitiendo utilizar láseres más económicos en las ONU con una potencia emitida acoplada a la fibra inferior. En este caso los valores para la clase A serían:</p> <p>Potencia media inyectada MÍN del transmisor ONU: -7 dBm            Potencia media inyectada MÁX del transmisor ONU: -2 dBm            Sensibilidad mínima del receptor OLT: -28 dBm            Sobrecarga mínima del receptor OLT: -10 dBm</p> <p>La repercusión de la nivelación de potencia es menor, debido a la limitación de la potencia mínima de emisión para garantizar el diagrama en ojo.</p>							

**Cuadro 2g-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s  
en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Transmisor ONU (interfaz óptica O<sub>ru</sub>)</b>							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	2488,32			2488,32		
Longitud de onda de trabajo	nm	1260-1360			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	FFS			FFS		
Mínima ORL de la ODN en O <sub>ru</sub> y O <sub>rd</sub>	dB	FFS			FFS		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Potencia media inyectada MÁX	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Potencia óptica inyectada sin entrada al transmisor	dBm	FFS			FFS		
Máxima activación del Tx (Nota 2)	bits	32			32		
Máxima desactivación del Tx (Nota 2)	bits	32			32		
Relación de extinción	dB	FFS			FFS		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	FFS			FFS		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	FFS			FFS		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB	nm	FFS			FFS		
Si el láser es SLM– Mínima relación de supresión de modo lateral	dB	FFS			FFS		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase (el intervalo de frecuencias de medición se encuentra en estudio)	UI p-p	FFS			FFS		

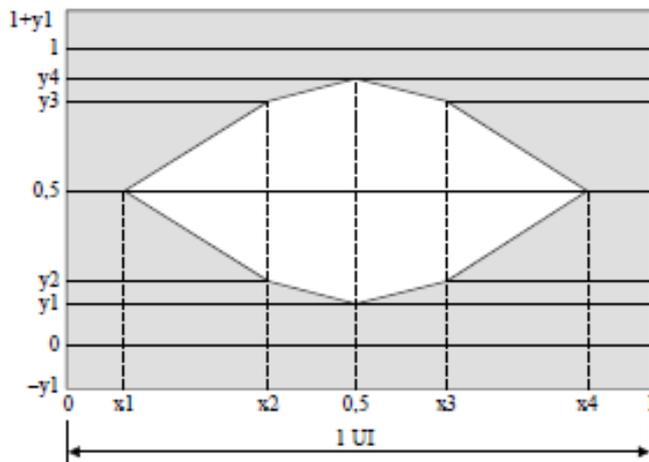
**Cuadro 2g-1/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s  
en sentido ascendente**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Receptor OLT (interfaz óptica <math>O_{1u}</math>)</b>							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	FFS			FFS		
Tasa de errores en los bits	–	FFS			FFS		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Sobrecarga mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	FFS			FFS		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	FFS			FFS		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	FFS			FFS		
NOTA 1 – FFS = "en estudio" ( <i>for further study</i> )							
NOTA 2 – Definida en 8.2.6.3.1.							

**Cuadro 2g-2/G.984.2 – Parámetros de la interfaz óptica a 2488 Mbit/s  
en sentido ascendente, utilizando el mecanismo de nivelación  
de potencia en el transmisor ONU**

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
<b>Transmisor ONU (interfaz óptica <math>O_{ru}</math>)</b>							
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Potencia media inyectada MÁX	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
<b>Receptor OLT (interfaz óptica <math>O_{1u}</math>)</b>							
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Sobrecarga mínima	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
NOTA – En este cuadro se indican únicamente los parámetros del cuadro 2g-1 que se modifican por aplicación del mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU, concretamente las potencias inyectadas del transmisor ONU y la sensibilidad y sobrecarga del receptor OLT. Los demás parámetros y notas son idénticos a los del cuadro 2g-1.							





	155,52 Mbit/s	622,08 Mbit/s	1244,16 Mbit/s	2488,32 Mbit/s
$x_1/x_4$	0,10/0,90	0,20/0,80	0,22/0,78	En estudio
$x_2/x_3$	0,35/0,65	0,40/0,60	0,40/0,60	En estudio
$y_1/y_4$	0,13/0,87	0,15/0,85	0,17/0,83	En estudio
$y_2/y_3$	0,20/0,80	0,20/0,80	0,20/0,80	En estudio



\* El atenuador se utiliza si es necesario

\*\* Frecuencia de corte del filtro (frecuencia de atenuación de 3 dB) es 0,75 veces la velocidad binaria nominal de salida

**Figura 3/G.984.2 – Plantilla del diagrama en ojo de la señal de transmisión en sentido descendente**

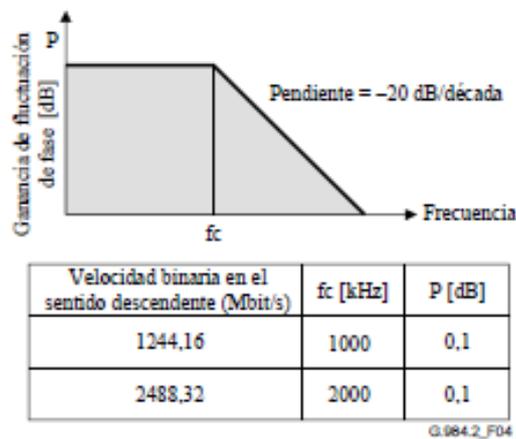


Figura 4/G.984.2 – Transferencia de fluctuación de fase de la ONU

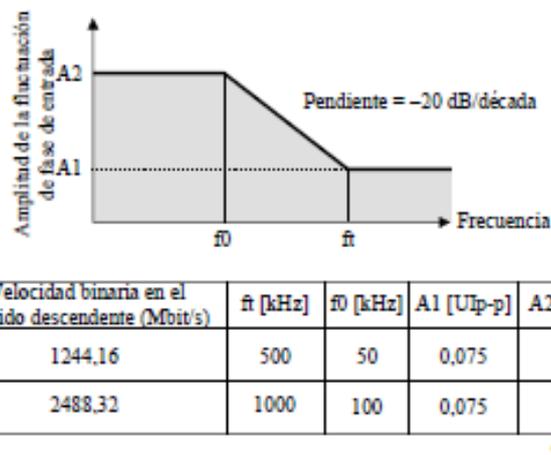


Figura 5/G.984.2 – Plantilla de tolerancia de la fluctuación de fase de la ONU

### 8.3 Interacción entre la capa PMD de la GPON y la capa TC

Como se indicó anteriormente, en esta Recomendación se describen las características de la capa PMD de una red de acceso óptico (OAN) con capacidad para transportar diversos servicios entre la interfaz usuario-red y la interfaz del nodo de servicio. Sin embargo, algunas de las funcionalidades de la GPON pertenecen a las dos capas, PMD y TC, o tienen repercusión sobre ambas. En los siguientes apartados se describen esas funcionalidades y se explica la relación entre la capa PMD de la GPON y la capa TC. Esta última se especifica en otra Recomendación UIT-T.

#### 8.3.1 Corrección de errores en recepción

Los sistemas que utilizan la corrección de errores en recepción (FEC, *forward error correction*) podrán soportar las gamas de atenuación para la ODN que se indican en el cuadro 2a con transmisores y receptores de inferior calidad de funcionamiento que los indicados en los cuadros 2b a 2g-2.

La ganancia óptica efectiva  $G$  de los sistemas que utilizan FEC se define como la diferencia de potencia óptica a la entrada del receptor, con y sin FEC, para una  $BER = 1 \times 10^{-10}$ .

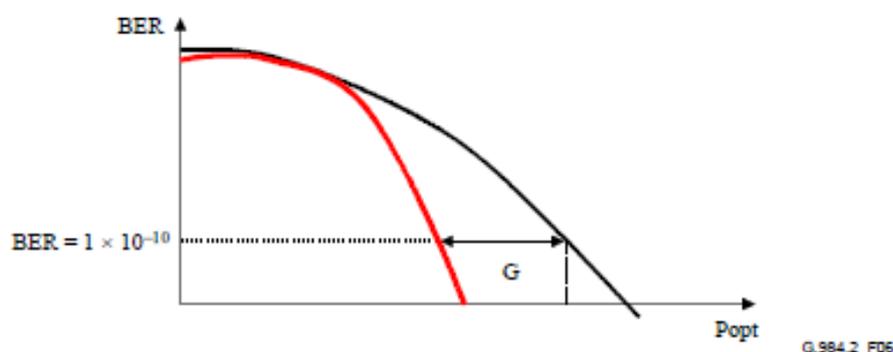


Figura 6/G.984.2 – Ganancia óptica efectiva G alcanzada con FEC

Los sistemas que emplean FEC con una ganancia óptica efectiva  $G$ , expresada en dB, pueden utilizar cualquiera de las dos variantes de calidad de funcionamiento siguientes de los cuadros 2 (pero no ambas, para facilitar el interfuncionamiento):

- i) las potencias mínima y máxima del transmisor pueden reducirse en  $G$ , o
- ii) la sensibilidad mínima del receptor puede disminuirse en  $G$ .

Alternativamente, manteniendo la misma calidad de funcionamiento de los transmisores y receptores indicada en los cuadros 2b a 2g-2, se puede utilizar la ganancia  $G$  de codificación óptica efectiva para lograr un alcance físico mayor o una relación de división más alta cuando se emplea un láser MLM en la ONU. En este caso se usa FEC para reducir la penalización debida al ruido de partición de modo (MPN, *mode partition noise*).

La FEC se implementa en la capa TC, por lo cual no se describe en esta Recomendación.

La ganancia de FEC no altera la especificación de la sobrecarga del receptor.

### 8.3.2 Mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU

Los requisitos del receptor OLT implican la utilización de implementaciones basadas en el fotodiodo de avalancha (APD, *avalanche photodiode*) a velocidades binarias de 1244,16 Mbit/s o superiores. Los receptores deben tener una gran sensibilidad y un gran margen dinámico para la recepción en modo ráfaga a velocidades binarias altas. Esto condiciona el factor de multiplicación  $M$  del receptor basado en APD de una manera complicada, particularmente para la GPON cuando soporta la banda de mejora cuyos requisitos son más estrictos debido a las pérdidas y a las variaciones de éstas en los componentes WDM adicionales.

Para flexibilizar el margen dinámico del receptor OLT, hay que reducir el nivel de potencia de transmisión de las ONU con bajas pérdidas ODN a fin de evitar la sobrecarga del receptor OLT. Por esta razón, se ha de implementar un mecanismo de nivelación de potencia apropiado.

El mecanismo de nivelación de potencia necesita funcionalidades que pertenecen a la capa TC, como la capacidad de la ONU para aumentar/disminuir la potencia transmitida mediante mensajes que envía la OLT en sentido descendente. En esta Recomendación no se describen estas funcionalidades, ni la capacidad para llevar a cabo la nivelación de potencia durante la etapa de inicialización o durante el funcionamiento.

Más adelante se presentan los requisitos de la capa PMD para la utilización de un mecanismo de nivelación de potencia apropiado para los sistemas GPON. Los antecedentes de los requisitos se describen en el apéndice II.

- a) Hay tres modos de potencia de salida de la ONU. La PMD se puede controlar localmente para que funcione en cualquier modo. En función de la instrucción de control, la PMD

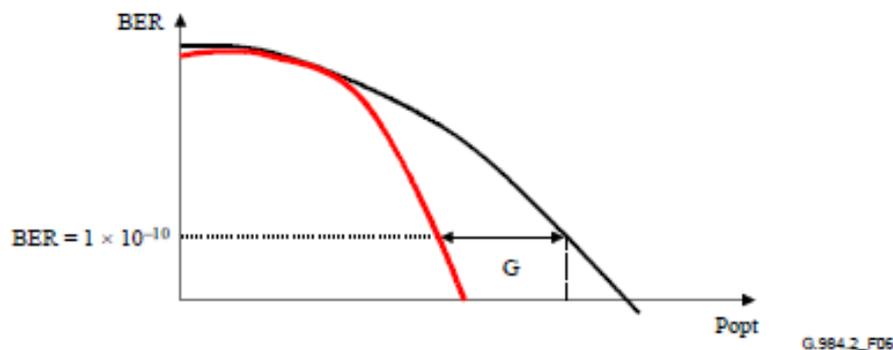


Figura 6/G.984.2 – Ganancia óptica efectiva G alcanzada con FEC

Los sistemas que emplean FEC con una ganancia óptica efectiva  $G$ , expresada en dB, pueden utilizar cualquiera de las dos variantes de calidad de funcionamiento siguientes de los cuadros 2 (pero no ambas, para facilitar el interfuncionamiento):

- i) las potencias mínima y máxima del transmisor pueden reducirse en  $G$ , o
- ii) la sensibilidad mínima del receptor puede disminuirse en  $G$ .

Alternativamente, manteniendo la misma calidad de funcionamiento de los transmisores y receptores indicada en los cuadros 2b a 2g-2, se puede utilizar la ganancia  $G$  de codificación óptica efectiva para lograr un alcance físico mayor o una relación de división más alta cuando se emplea un láser MLM en la ONU. En este caso se usa FEC para reducir la penalización debida al ruido de partición de modo (MPN, *mode partition noise*).

La FEC se implementa en la capa TC, por lo cual no se describe en esta Recomendación.

La ganancia de FEC no altera la especificación de la sobrecarga del receptor.

### 8.3.2 Mecanismo de nivelación de potencia en el transmisor ONU

Los requisitos del receptor OLT implican la utilización de implementaciones basadas en el fotodiodo de avalancha (APD, *avalanche photodiode*) a velocidades binarias de 1244,16 Mbit/s o superiores. Los receptores deben tener una gran sensibilidad y un gran margen dinámico para la recepción en modo ráfaga a velocidades binarias altas. Esto condiciona el factor de multiplicación  $M$  del receptor basado en APD de una manera complicada, particularmente para la GPON cuando soporta la banda de mejora cuyos requisitos son más estrictos debido a las pérdidas y a las variaciones de éstas en los componentes WDM adicionales.

Para flexibilizar el margen dinámico del receptor OLT, hay que reducir el nivel de potencia de transmisión de las ONU con bajas pérdidas ODN a fin de evitar la sobrecarga del receptor OLT. Por esta razón, se ha de implementar un mecanismo de nivelación de potencia apropiado.

El mecanismo de nivelación de potencia necesita funcionalidades que pertenecen a la capa TC, como la capacidad de la ONU para aumentar/disminuir la potencia transmitida mediante mensajes que envía la OLT en sentido descendente. En esta Recomendación no se describen estas funcionalidades, ni la capacidad para llevar a cabo la nivelación de potencia durante la etapa de inicialización o durante el funcionamiento.

Más adelante se presentan los requisitos de la capa PMD para la utilización de un mecanismo de nivelación de potencia apropiado para los sistemas GPON. Los antecedentes de los requisitos se describen en el apéndice II.

- a) Hay tres modos de potencia de salida de la ONU. La PMD se puede controlar localmente para que funcione en cualquier modo. En función de la instrucción de control, la PMD

**Cuadro 3/G.984.2 – Tara de la capa física  
en sentido ascendente en la GPON**

Velocidad binaria en sentido ascendente	Bytes de tara
155,52 Mbit/s	4
622,08 Mbit/s	8
1244,16 Mbit/s	12
2488,32 Mbit/s	24

Además, en el apéndice I se presenta información sobre los procesos físicos que se han de llevar a cabo en tiempo de tara de la capa física ( $T_{plo}$ , *physical layer overhead time*), y algunas directrices para la utilización óptima del mismo.

## Apéndice I

### Asignación del tiempo de tara de la capa física (informativo)

El tiempo de tara de la capa física ( $T_{plo}$ ) se utiliza para acomodar cinco procesos físicos de la PON. Éstos son: tiempo de activación/desactivación del láser, tolerancia de deriva de la temporización, recuperación de nivel, recuperación de reloj e inicio de la delimitación de ráfaga. La división exacta del tiempo de tara de la capa física entre todas estas funciones se determina en parte mediante inecuaciones de restricción y en parte por opciones de la implementación. En este apéndice se examinan las restricciones que debe observar la OLT, y se sugieren valores discretos.

Como se muestra en el cuadro I.2, se proponen valores específicos de  $T_{on}$ ,  $T_{off}$  y  $T_{plo}$  para las distintas velocidades de datos.  $T_{plo}$  puede dividirse en tres secciones en función del patrón de datos ONT deseado. Para mayor sencillez, estos tiempos pueden denominarse tiempo de guarda ( $T_g$ , *guard time*), tiempo de preámbulo ( $T_p$ , *preamble time*) y tiempo delimitador ( $T_d$ , *delimiter time*). Durante  $T_g$ , la ONT no transmitirá más potencia que el nivel cero nominal. Durante  $T_p$ , la ONT transmitirá un patrón de preámbulo que proporciona la máxima densidad de transición para las funciones de recuperación rápida de nivel y de reloj. Finalmente, durante  $T_d$ , la ONT transmitirá un patrón de datos especial con propiedades de autocorrelación óptimas que permitirán que la OLT encuentre el principio de la ráfaga.

La incertidumbre de temporización total cresta a cresta ( $T_u$ , *timing uncertainty*) es un parámetro adicional de la lógica de control de la PON. Esta incertidumbre surge de las variaciones del tiempo de vuelo provocadas por las variaciones de la fibra y de los componentes con la temperatura y otros factores ambientales.

Las inecuaciones de restricción que debe observar la OLT son por consiguiente:

$$T_g > T_{on} + T_u, \text{ y}$$

$$T_g > T_{off} + T_u$$

$T_d$  debe proporcionar suficientes bits de datos para que la función delimitadora sea robusta ante los errores en los bits. La resistencia del delimitador a los errores depende de la implementación exacta del dispositivo de correlación del patrón, pero una relación aproximada sencilla entre el número de bits en el delimitador ( $N$ ) y el número de bits erróneos tolerados ( $E$ ) es:

$$E = \text{int}(N/4) - 1 \quad (\text{I-1})$$

La ecuación I-1 ha sido verificada empíricamente mediante la búsqueda numérica de todos los delimitadores con tamaño entre 8 y 20 bits. Esta búsqueda se llevó a cabo suponiendo que el preámbulo se ajustaba a un patrón repetitivo '1010' y que el delimitador tenía un número igual de ceros y de unos. La distancia de Hamming,  $D$ , del mejor delimitador de todos los patrones desplazados de sí mismos y del preámbulo es  $D = \text{int}(N/2) - 1$ ; que arroja la tolerancia a errores mostrada.

Para una determinada tasa de errores en los bits (BER), la probabilidad de una ráfaga con errores graves ( $P_{seb}$ ) viene dada por:

$$P_{seb} = \left( \frac{N}{E+1} \right) BER^{E+1} \quad (I-2)$$

Sustituyendo la ecuación I-1 en la ecuación I-2, la  $P_{seb}$  resultante viene dada por:

$$P_{seb} = \left( \frac{N}{\text{int}(N/4)} \right) BER^{\text{int}(N/4)} \quad (I-3)$$

Si BER es igual a  $1E-4$ , la  $P_{seb}$  resultante para diversas longitudes  $N$  del delimitador, se recoge en el cuadro I.1. Puede observarse en este cuadro que, para suprimir este tipo de error, la longitud del delimitador debe ser de 16 bits como mínimo.

**Cuadro I.1/G.984.2 – Probabilidad de una ráfaga con errores graves en función de la longitud del delimitador**

N	$P_{seb}$
8	2,8E-07
12	2,2E-10
16	1,8E-13
20	1,5E-16
24	1,3E-19

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el cuadro I.2 recoge las asignaciones recomendadas para la tara de la capa física. Este cuadro presenta también, como referencia, los valores normativos de los tiempos de activación y desactivación del transmisor ONT, y el tiempo total de tara de la capa física.

**Cuadro I.2/G.984.2 – Asignaciones sugeridas de tiempo de tara en modo ráfaga para las funciones OLT**

Velocidad de datos en sentido ascendente (Mbit/s)	Activación del transmisor (bits)	Desactivación del transmisor (bits)	Tiempo total (bits)	Tiempo de guarda (bits)	Tiempo de preámbulo (bits)	Tiempo del delimitador (bits)
155,52	2	2	32	6	10	16
622,08	8	8	64	16	28	20
1244,16	16	16	96	32	44	20
2488,32	32	32	192	64	108	20
Notas	Máximo	Máximo	Obligatorio	Mínimo	Sugerido	Sugerido

## Apéndice II

### Descripción del mecanismo de nivelación de potencia y ejemplos

#### II.1 Introducción

En este apéndice se ilustran las distintas consideraciones que se han de tener en cuenta a fin de realizar un mecanismo de nivelación de potencia estable y eficiente. Estas consideraciones conducen a los requisitos de 8.3.2.

#### II.2 Niveles de la ONU

La potencia del transmisor de la ONU (potencia media inyectada MÍN y MÁX) se describe en los cuadros 2f-2 y 2g-2. Estos valores corresponden al modo 0. Los correspondientes a los modos 1 y 2 son respectivamente 3 dB y 6 dB inferiores. Por ejemplo, una ONU clase B a 1244 Mbit/s con capacidad de nivelación de potencia se ajustará a los siguientes intervalos de potencia de salida:

Modo 0: MÍN = -2 dBm  $\leq$  potencia media inyectada  $\leq$  MÁX = +3 dBm

Modo 1: MÍN = -5 dBm  $\leq$  potencia media inyectada  $\leq$  MÁX = 0 dBm

Modo 2: MÍN = -8 dBm  $\leq$  potencia media inyectada  $\leq$  MÁX = -3 dBm

La OLT controla el mecanismo de nivelación de potencia y determina los cambios de nivel necesarios. Cuando la ONU recibe una orden de cambio de modo, puede adaptar su potencia de emisión al intervalo correspondiente al nuevo modo y reanudar la transmisión de datos en sentido ascendente. Obsérvese que siempre que se respeten los intervalos, el cambio efectivo de potencia de la ONU de un modo a otro no tiene que ser necesariamente igual al paso de 3 dB o de 6 dB.

##### *Ejemplo 1*

- Una ONU en el modo 1 emite a -1 dBm.
- Esta ONU recibe un mensaje para pasar al modo 0 (aumentar su valor en +3 dB).
- La nueva potencia efectiva emitida es ahora de +1 dBm que, aunque no es exactamente 3 dB mayor, está dentro del intervalo del modo 0.

##### *Ejemplo 2*

- Una ONU en modo 2 emite a -4 dBm.
- La ONU recibe un mensaje para pasar al modo 1 (aumenta su valor en +3 dB).
- La nueva potencia efectiva emitida es -5 dBm que, aunque menor que la potencia anterior, está dentro del intervalo del modo 1.
- La OLT medirá una potencia más baja que la esperada. Por consiguiente, el algoritmo de la OLT enviará otra instrucción para aumentar en 3 dB (paso al modo 0).
- La ONU pasará a emitir en el intervalo del modo 0, cuyo mínimo es -2 dBm.

#### II.3 Umbrales en la OLT

El receptor OLT mide el nivel de potencia entrante a una ONU determinada y lo compara con los umbrales. Esta medición comporta una determinada incertidumbre, debido a la imprecisión específica de la implementación (fuentes de alimentación, linealidad del receptor en alta potencia, variaciones de la tensión de alimentación, efectos de la temperatura sobre las etapas eléctricas del amplificador, etc.). Esto provoca incertidumbre del valor de umbral efectivo cuando se compara con su valor teórico. Deberán tenerse en cuenta estas incertidumbres para garantizar un mecanismo de nivelación de potencia completo y estable. Se requiere que el intervalo de incertidumbre del umbral sea como máximo de 4 dB en todo el intervalo de funcionamiento.

Teniendo en cuenta los valores de la potencia óptica correspondiente a la sensibilidad mínima  $P_{ms}$  del receptor OLT y la sobrecarga mínima  $P_{mo}$  que figuran en los cuadros 2f-2 y 2g-2, el intervalo de potencias admisibles en el receptor OLT para un funcionamiento correcto será por lo tanto de  $(P_{ms} + 1 \text{ dB})$  a  $P_{mo}$ . Obsérvese que  $P_{ms}$  incluye una penalización de 1 dB (véase 8.2.8.3) que no debe considerarse para la potencia óptica mínima. El mecanismo de nivelación de potencia debe garantizar una potencia correcta en el receptor OLT. Hay dos tipos de mecanismos: el de umbral único y el de umbral doble.

### II.3.1 Tipo I: Comparación con dos umbrales (TL, TH)

En este caso el mecanismo de nivelación de potencia actúa comparando la potencia media recibida en la OLT ( $P$ ) con dos umbrales distintos (TL y TH). Cuando  $P < TL$ , la potencia en la OLT se considera demasiado baja por lo que la ONU debe pasar al modo más alto. Cuando  $P > TH$ , la potencia en la OLT se considera demasiado alta por lo que la ONU debe pasar a un modo más bajo. Cuando  $TH > P > TL$ , la potencia en la OLT se considera adecuada y la ONU puede permanecer en su modo actual.

- 1) El valor efectivo de TH debe garantizar que:
  - Se detecte cualquier nivel de potencia por encima de la sobrecarga del receptor OLT:  $P_{mo} > TH$ .
  - Si una ONU pasa a un modo inferior debido a que  $P > TH$ , el receptor OLT no pueda estar por debajo de la sensibilidad:
 
$$TH > P_{mo} - ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}})).$$
 O lo que es lo mismo:  $TH > P_{mo} - 6 \text{ dB}$ .
- 2) El valor efectivo de TL debe garantizar que:
  - Se detecte cualquier nivel de potencia por debajo de la sensibilidad del receptor OLT:  $TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$ .
  - Si una ONU pasa a un modo superior debido a que  $P < TL$ , el receptor OLT no entre en sobrecarga:
 
$$(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}})) > TL.$$
 O lo que es lo mismo:  $P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL$ .
- 3) La combinación de valores efectivos de TL y TH debe garantizar que:
  - El mecanismo sea estable (no haya basculación repetitiva entre los distintos modos). Si una ONU cambia de modo debido a que  $P < TL$  o  $P > TH$ , el nuevo nivel de potencia en el receptor OLT no pueda cruzar el umbral opuesto. Esto equivale a definir una separación mínima entre TH y TL.
 
$$TH - TL > 3 \text{ dB} + (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}}).$$
 Lo que equivale a:  $TH - TL > 8 \text{ dB}$ .

Este último requisito combinado restringe los requisitos individuales de TH y TL, ya que deben estar separados 8 dB como mínimo. Teniendo en cuenta el requisito del margen de incertidumbre máximo de 4 dB, lo más apropiado para el primero y segundo requisitos (máxima separación entre TH y TL) es:

$$R1 : P_{mo} > TH > P_{mo} - 4 \text{ dB}.$$

$$R2 : P_{ms} + 5 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}.$$

Como R1 y R2 sólo garantizan una separación de 6 dB, también debe cumplirse el tercer requisito:

$$R3 : TH - TL > 8 \text{ dB}.$$

R1, R2 y R3 juntos permitirán una variación de TH y TL superior a 4 dB en todo el rango de funcionamiento de la OLT (temperatura, ...) pero se requiere que en todo momento TH y TL estén separados 8 dB como mínimo.

Si la precisión de la medición de potencia de una OLT es mayor que 4 dB, se puede elegir cualquier combinación de TH y TL siempre que se respeten R1, R2 y R3.

### II.3.2 Caso 2: Comparación con un umbral (TL)

El mecanismo de nivelación de potencia se implementa iniciando todas las ONU en el modo 2 (durante su inicialización) y comparando la potencia media recibida en la OLT ( $P$ ) con un umbral (TL). Cuando  $P < TL$ , la potencia en OLT se considera demasiado baja y la ONU debe pasar a un modo más alto. Cuando  $P > TL$  la potencia en la OLT se considera apropiada y la ONU puede permanecer en el modo actual.

El valor efectivo de TL debe garantizar que:

- Se detecte cualquier nivel de potencia por debajo de la sensibilidad del receptor OLT:  
 $TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$ .
- Si una ONU pasa a un modo más alto debido a que  $P > TL$ , el receptor OLT no pueda estar dentro de los límites de sobrecarga:  
 $(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}})) > TL$ .  
O lo que es lo mismo:  $P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL$ .

Por consiguiente, el requisito para el nivel efectivo TL es:

$$R2 : P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}.$$

Con una gama de incertidumbre de 4 dB, esto ofrece una opción para la configuración de TL:

Ejemplo 1 para la clase B a 1244 Mbit/s:  $-23 \text{ dBm} > TL > -27 \text{ dBm}$ .

Ejemplo 2 para la clase B a 1244 Mbit/s:  $-21 \text{ dBm} > TL > -25 \text{ dBm}$ .

### II.4 Detección de potencia

Para inicializar nuevas ONU, la OLT abre periódicamente ventanas de determinación de distancia durante las cuales las nuevas ONU pueden enviar ráfagas en sentido ascendente. La OLT debe ser capaz de detectar la presencia de cualquier nueva ONU. Esto implica que cuando las nuevas ONU se inician en modo 2, la OLT debe ser capaz de detectar (aunque no es necesario que lea los datos) una potencia óptica tan débil como  $(P_{ms} + 1 \text{ dB}) - 6 \text{ dB} = P_{ms} - 5 \text{ dB}$ .

**SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T**

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación