
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO QUE UTILIZA TECNOLOGÍA FTTB CON VDSL2 EN EL SECTOR “LA MARISCAL” DE LA CIUDAD DE QUITO

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

GONZÁLEZ VELASCO JORGE ANTONIO

jagonzalezvelascoepn@hotmail.com

VEGA BENAVIDES IVÁN FERNANDO

ivanfvega@hotmail.com

DIRECTOR: MSc. MIGUEL HINOJOSA

mhinijosa@mailfie.epn.edu.ec

Quito, diciembre 2009



REPÚBLICA DEL ECUADOR
Escuela Politécnica Nacional
" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento de los autores.

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho de los autores a ser identificados y citados como los autores de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia si mismo y hacia los demás.

DECLARACIÓN

Los suscritos, Jorge Antonio González Velasco e Iván Fernando Vega Benavides, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

Jorge Antonio González Velasco

Iván Fernando Vega Benavides

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jorge Antonio González Velasco e Iván Fernando Vega Benavides, bajo mi supervisión.

MSc. Miguel Hinojosa
DIRECTOR DE PROYECTO

CONTENIDO GENERAL	I
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
PRESENTACIÓN	XIII
RESUMEN	XIV

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS FTTB Y VDSL2

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN UTILIZADOS EN LAS TECNOLOGÍAS FTTB Y VDSL2	3
1.2.1 PARES DE COBRE	3
1.2.1.1 UTP (<i>Unshield Twisted Pair</i>)	4
1.2.1.2 STP (<i>Shield Twisted Pair</i>)	6
1.2.1.3 FTP (<i>Foiled Twisted Pair</i>)	6
1.2.2 FIBRA ÓPTICA	7
1.2.2.1 Generalidades	7
1.2.2.2 Ventajas y desventajas de la fibra óptica	7
1.2.2.3 Refracción, índice de refracción y Ley de Snell	9
1.2.2.4 Configuraciones de fibra óptica	10
<i>1.2.2.4.1 Fibra monomodo de índice escalonado</i>	11
<i>1.2.2.4.2 Fibra multimodo de índice escalonado</i>	12
<i>1.2.2.4.3 Fibra multimodo de índice gradual</i>	12
1.3 RED DE TELECOMUNICACIONES	14
1.3.1 GENERALIDADES	14
1.3.1.1 Proveedores	15
1.3.1.2 Sistema de transporte	16
1.3.1.3 Usuarios	16
1.3.2 CABECERA	17

1.3.2.1	Sistema de procesado.....	18
1.3.2.2	Sistema de control de acceso.....	18
1.3.2.3	Multiplexor.....	19
1.3.2.4	Moduladores.....	19
1.3.2.5	Elementos de transmisión.....	19
1.3.3	LA RED DE ACCESO.....	19
1.3.3.1	La arquitectura de red	19
1.3.3.1.1	Red de distribución	20
1.3.3.1.2	Red de reparto	21
1.3.3.1.3	Terminal de línea óptica (OLT)	22
1.3.3.1.4	Terminal de red óptica (ONT)	22
1.3.3.1.5	Unidad de red óptica (ONU)	23
1.4	REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON)	23
1.4.1	GENERALIDADES	23
1.4.2	ETHERNET PON (EPON)	25
1.4.3	ATM PON (APON)	26
1.4.4	BROADBAND PON (BPON)	26
1.4.5	GIGABIT PON (GPON)	27
1.5	LA ARQUITECTURA FTTB	28
1.5.1	GENERALIDADES	28
1.5.2	PRINCIPALES ARQUITECTURAS SIMILARES A FTTB	29
1.5.2.1	FTTH (<i>Fiber To The Home</i>)	29
1.5.2.2	FTTC (<i>Fiber To The Curb</i>)	29
1.5.2.3	FTTCab (<i>Fiber To The Cabinet</i>)	30
1.5.2.4	FTTN (<i>Fiber To The Neighborhood</i>)	30
1.5.3	ELEMENTOS BÁSICOS DE LA ARQUITECTURA FTTB	31
1.6	LA TECNOLOGÍA VDSL2	32
1.6.1	LA FAMILIA xDSL	32
1.6.1.1	ADSL (<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>)	33
1.6.1.2	ADSL2 (<i>Asymmetric Digital Subscriber Line 2</i>)	35
1.6.1.3	ADSL2+ (<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>)	35
1.6.1.4	SDSL (<i>Symmetric Digital Subscriber Line</i>)	36

1.6.1.5	ISDL (<i>ISDN Digital Subscriber Line</i>)	36
1.6.1.6	HDSL (<i>High Bit Rate Digital Subscriber Line</i>)	36
1.6.1.7	SHDSL (<i>Single Pair High Speed Digital Subscriber Line</i>)	36
1.6.1.8	VDSL (<i>Very High Bit Rate Digital Subscriber Line</i>)	37
1.6.2	VDSL2 (<i>VERY HIGH BIT RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE 2</i>) ...	39
1.6.2.1	Descripción general	39
1.6.2.2	Plan de bandas por debajo de 12 MHz	40
1.6.2.2.1	Plan de bandas por debajo de 12 MHz para Norte América ...	41
1.6.2.2.2	Plan de bandas por debajo de 12 MHz para Europa	42
1.6.2.2.3	Plan de bandas por debajo de 12 MHz para Japón	44
1.6.2.3	Plan de bandas por encima de los 12 MHz	44
1.6.3	VENTAJAS DE VDSL2 SOBRE SUS TECNOLOGÍAS ANTECESORAS: VDSL Y ADSL	45

CAPÍTULO 2

TIPOS DE MULTIPLEXACIÓN PARA LA TECNOLOGÍA VDSL2 CON FTTB

2.1	MULTIPLEXACIÓN	47
2.1.1	TDM (MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO)	48
2.1.1.1	PDH (jerarquía digital plesiócrona)	49
2.1.1.1.1	Jerarquía americana T1	50
2.1.1.1.2	Jerarquía europea E1	51
2.1.1.2	SDH (jerarquía digital sincrónica)	52
2.1.1.2.1	Estructura de una trama STM-1	52
2.1.2	MULTIPLEXADO SONET	54
2.1.2.1	Estructura de una trama STS-1	54
2.1.3	FDM (MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA) ...	56
2.1.4	WDM (MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA)	56
2.1.4.1	DWDM (multiplexación por división de longitud de onda densa)	58

2.1.4.1.1	<i>DWDM de ultra larga distancia</i>	59
2.1.4.1.2	<i>DWDM de larga distancia</i>	59
2.1.4.1.3	<i>DWDM metropolitana</i>	59
2.1.4.2	CWDM (multiplexación por división de longitud de onda gruesa)	59
2.2	PRINCIPALES TÉCNICAS PARA CONTROL DE ACCESO AL MEDIO EN FTTB	60
2.2.1	TDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO)	60
2.2.2	CONTROL DE ACCESO AL MEDIO EN ATM PON (APON)	61
2.2.2.1	Control de acceso al medio para APON en sentido descendente	61
2.2.2.2	Control de acceso al medio para APON en sentido ascendente.	62
2.2.3	CONTROL DE ACCESO AL MEDIO EN ETHERNET PON (EPON)	63
2.2.3.1	Control de acceso al medio para EPON en sentido descendente	63
2.2.3.2	Control de acceso al medio para EPON en sentido ascendente.	64
2.3	PRINCIPALES TIPOS DE MODULACIONES EN TÉCNOLOGÍAS xDSL	65
2.3.1	2B1Q	66
2.3.2	CAP	66
2.3.3	DMT (MULTITONO DISCRETO)	67

CAPÍTULO 3

MARCO REGULATORIO NACIONAL EN RELACIÓN CON ESTAS TECNOLOGÍAS

3.1	INTRODUCCIÓN	69
3.2	PRINCIPALES ORGANISMOS INTERNACIONALES DE TELECOMUNICACIONES	71
3.2.1	UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT).	72
3.2.1.1	Sector de Radiocomunicaciones (ITU-R)	72

3.2.1.2	Sector de Normalización (ITU-T)	72
3.2.1.3	Sector de Desarrollo (ITU-D)	72
3.2.2	COMISIÓN INTERAMERICANA DE TELECOMUNICACIONES (CITEL)	72
3.2.3	COMITÉ ANDINO DE AUTORIDADES DE TELECOMUNICACIONES (CAATEL)	73
3.3	ENTES VINCULADOS AL MARCO REGULATORIO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR	73
3.3.1	ASAMBLEA NACIONAL	74
3.3.2	CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONATEL)	74
3.3.3	CONSEJO NACIONAL DE RADIO Y TELEVISIÓN (CONARTEL)	75
3.3.4	SECRETARIA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES	75
3.3.5	SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES (SUPERTEL)	75
3.4	RELACIÓN DE LA CONSTITUCIÓN CON ESTAS TECNOLOGÍAS	76
3.5	MARCO LEGAL EN EL ECUADOR RESPECTO A ESTAS TECNOLOGÍAS	77
3.5.1	SERVICIOS BRINDADOS MEDIANTE FTTB CON VDSL2	78
3.5.1.1	Servicios finales y su normativa en el Ecuador	78
3.5.1.2	Servicios portadores y su normativa en el Ecuador	79
3.5.1.3	Servicios de valor agregado y su normativa en el Ecuador	80
3.5.2	HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS	81
3.6	NORMATIVA TÉCNICA O RECOMENDACIONES PARA FTTB Y VDSL2	83
3.6.1	RECOMENDACIONES PARA VDSL2	83
3.6.2	RECOMENDACIONES PARA FTTB	84

CAPÍTULO 4

RED DE ACCESO CON FTTB PARA APLICAR TECNOLOGÍA VDSL2

4.1 INTRODUCCIÓN	85
4.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE ESTA RED DE ACCESO	88
4.2.1 FIBRA ÓPTICA POR VÍA AÉREA	89
4.2.2 FIBRA ÓPTICA INTRODUCIDA EN DUCTOS SUBTERRÁNEOS.	90
4.3 PERFIL DE USUARIOS Y UBICACIÓN	92
4.3.1 USUARIOS DE LA RED DE ACCESO EN EL EDIFICIO GABRIELA MISTRAL	92
4.3.1.1 Descripción de la edificación	92
4.3.1.2 Descripción de los usuarios del edificio Gabriela Mistral	93
4.3.2 USUARIOS DE LA RED DE ACCESO EN EL EDIFICIO MARIANA DE JESÚS	94
4.3.2.1 Descripción de la edificación	94
4.3.2.2 Descripción de usuarios del edificio Mariana de Jesús	97
4.4 ISP (PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET)	97
4.5 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO	98
4.5.1 TOPOLOGÍA FÍSICA DE LA RED DE ACCESO	99
4.5.2 TIPO DE FIBRA ÓPTICA PARA LA RED DE ACCESO	100
4.5.3 TIPO DE TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA	100
4.5.3.1 Tendido de fibra óptica subterránea para la red de acceso	101
4.5.3.2 Tendido de fibra óptica aérea para la red de acceso	101
4.5.3.3 Presupuesto para tendido de fibra óptica aérea desde el ISP al edificio Gabriela Mistral	104
4.5.4 EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES Y ELEMENTOS QUE CONFORMAN ESTA RED DE ACCESO	106
4.5.4.1 Fibra óptica para la red de acceso	107

4.5.4.2	Par trenzado de cobre	107
4.5.4.3	Equipo OLT Gigabit Ethernet PON	107
4.5.4.4	Equipos ONT Gigabit Ethernet PON	108
4.5.4.5	DSLAM VDSL2 (multiplexor digital de acceso a la línea de abonado para VDSL2)	109
4.5.4.5.1	<i>Descripción de DSLAM para la red de acceso</i>	111
4.5.4.6	ODF (<i>Optical Distribution Frame</i>)	112
4.5.4.7	Conectores de fibra óptica	113
4.5.4.7.1	<i>Conector tipo FC</i>	114
4.5.4.7.2	<i>Conector tipo LC</i>	114
4.5.4.7.3	<i>Conector tipo SC</i>	115
4.5.4.7.4	<i>Conector tipo ST</i>	115
4.5.4.7.5	<i>Conector tipo MU</i>	116
4.5.4.7.6	<i>Conector tipo MTRJ</i>	116
4.5.4.8	<i>Patch cord</i> de fibra óptica y UTP.....	117
4.5.4.9	<i>Rack</i>	120
4.5.4.10	UPS (<i>Uninterruptible Power Supply</i>)	122
4.5.4.11	Modem VDSL2	125
4.5.4.12	Splitters o divisores.....	126
4.6	PRESUPUESTO REFERENCIAL	128

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES	130
5.2	RECOMENDACIONES	132
	LISTA DE ACRÓNIMOS	133
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DE INTERNET	138

ANEXO A

Resumen y alcance de la Recomendación UIT-T G.993.2..... 141

ANEXO B

Equipos y elementos de la red de acceso..... 143

ANEXO C

Diseño de la red de acceso 157

C.1 Red de acceso 157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Refracción de un rayo de luz al pasar de una material a otro.....	9
Figura 1.2	Índices de refracción en el núcleo de una fibra óptica: (a) monomodo, índice gradual; (b) multimodo, índice escalonado; (c) multimodo, índice gradual.....	13
Figura 1.3	Una red de telecomunicaciones vista en bloques.....	15
Figura 1.4	Una cabecera en forma esquemática.....	17
Figura 1.5	Esquema de una red de acceso.....	21
Figura 1.6	Topologías en PONs: a) tipo árbol; b) tipo bus; c) tipo anillo, d) tipo estrella	25
Figura 1.7	Distribución de algunos elementos en varias tecnologías de acceso con fibra óptica	31
Figura 1.8	Elementos básicos de la arquitectura FTTB	32
Figura 1.9	Caudal máximo frente a la longitud de bucle de abonado en ADSL.	34
Figura 1.10	VDSL con FTTB	38
Figura 1.11	Plan de bandas en la gama de frecuencias hasta 12 MHz (G.993.2)	40
Figura 1.12	Plan de bandas de VDSL2 en la gama de frecuencias hasta 12 MHz para Norte América	41
Figura 1.13	Plan de bandas de VDSL2 en la gama de frecuencias hasta 12 MHz para la Región de Japón	44
Figura 1.14	Plan de bandas de VDSL2 en la gama de frecuencias por encima de 12 MHz para la Región de Japón	45
Figura 2.1	Multiplexación por división de tiempo	49
Figura 2.2	Trama T1	50
Figura 2.3	Trama E1	51
Figura 2.4	Trama STM-1	53
Figura 2.5	Trama STS-1	55
Figura 2.6	Multiplexación por división de frecuencia	56
Figura 2.7	Multiplexación por división de longitud de onda	57
Figura 2.8	Control de acceso al medio en sentido descendente para APON	61
Figura 2.9	Control de acceso al medio en sentido ascendente para APON	62
Figura 2.10	Control de acceso al medio en sentido descendente para EPON	64
Figura 2.11	Control de acceso al medio en sentido ascendente para EPON	65
Figura 3.1	Pirámide de Kelsen	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.2	Esquema de Internet	81
Figura 4.1	Ubicación geográfica del sector de La Mariscal en la ciudad de Quito.....	86
Figura 4.2	Detalle aéreo del sector de La Mariscal	87
Figura 4.3	Esquema de VDSL2 en FTTB	88
Figura 4.4	Fibra óptica ADSS	90
Figura 4.5	Fibras ópticas empleadas para utilización en ductos subterráneos	91
Figura 4.6	Localización en el sector de La Mariscal de los edificios Gabriela Mistral y Mariana de Jesús	96
Figura 4.7	Ubicación geográfica del ISP	98
Figura 4.8	Topología física de la red de acceso	99
Figura 4.9	Localización de postes de alumbrado público para la instalación de fibra óptica aérea que conecta el ISP con los edificios Gabriela Mistral y Mariana de Jesús	104
Figura 4.10	Equipo OLT Gigabit Ethernet.....	108
Figura 4.11	Equipo ONT Gigabit Ethernet	109
Figura 4.12	Ubicación del DSLAM en la red de acceso FTTB con VDSL2	110
Figura 4.13	DSLAM IP VDSL2.....	111
Figura 4.14	Algunas clases de ODF	112
Figura 4.15	Conectores del tipo FC	114
Figura 4.16	Conectores del tipo LC	115
Figura 4.17	Conectores del tipo SC	115
Figura 4.18	Conectores del tipo ST	116
Figura 4.19	Conectores del tipo MU	116
Figura 4.20	Conectores del tipo MTRJ	117
Figura 4.21	Patch cord de fibra óptica y UTP.....	119
Figura 4.22	Algunos tipos de Racks	121
Figura 4.23	Algunos UPS	123
Figura 4.24	MODEM VDSL2	125
Figura 4.25	Localización y forma de conexión de un splitter para VDSL2.....	127
Figura C.1	Red de acceso	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Tipos de cables UTP y sus características principales	5
Tabla 1.2	Atenuación frente a la frecuencia en algunas Categorías UTP	5
Tabla 1.3	Atenuación del cable STP en función de la frecuencia	6
Tabla 1.4	Atenuaciones para diferentes tipos de fibras ópticas	14
Tabla 1.5	Características principales de tecnologías PON	28
Tabla 1.6	Perfiles de VDSL2 para Norte América hasta 12 MHz	42
Tabla 1.7	Planes de bandas VDSL2 para Europa hasta 12 MHz	43
Tabla 1.8	Perfiles de VDSL2 para Europa hasta 12 MHz	43
Tabla 1.9	Perfiles de VDSL2 para la Región de Japón hasta 12 MHz	44
Tabla 1.10	Perfiles de VDSL2 para la Región de Japón por encima de 12 MHz	45
Tabla 2.1	Señales y velocidad en SDH	53
Tabla 2.2	Señales y velocidades en SONET	55
Tabla 4.1	Detalle del número de viviendas, oficinas y locales comerciales en el edificio Gabriela Mistral	93
Tabla 4.2	Detalle del número de viviendas, oficinas y locales comerciales en el edificio Mariana de Jesús	95
Tabla 4.3	Costos de diferentes tipos de fibras ópticas	100
Tabla 4.4	Longitudes de fibra óptica para la red de acceso del edificio Gabriela Mistral	103
Tabla 4.5	Longitudes de fibra óptica para la red de acceso del edificio Mariana de Jesús	103
Tabla 4.6	Presupuesto para tendido de fibra óptica para el edificio Gabriela Mistral	105
Tabla 4.7	Presupuesto para tendido de fibra óptica para el edificio Mariana de Jesús.....	105
Tabla 4.8	Presupuesto para equipos OLT Gigabit Ethernet	108
Tabla 4.9	Presupuesto para equipos ONT Gigabit Ethernet	109
Tabla 4.10	Presupuesto para DSLAM VDSL2	112
Tabla 4.11	Presupuesto para ODF	113
Tabla 4.12	Tipos de patch cord para fibra óptica de acuerdo al conector	118
Tabla 4.13	Presupuesto para patch cords	120
Tabla 4.14	Presupuesto para racks y bandejas	122
Tabla 4.15	Detalle de la potencia de cada equipo	123
Tabla 4.16	Presupuesto para UPS	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.17	Presupuesto para MODEMs VDSL2	126
Tabla 4.18	Presupuesto para splitters	127
Tabla 4.19	Presupuesto referencial y costos de distintos ítems para la red de acceso.....	128
Tabla 4.20	Presupuesto para equipos ubicados en la instalación del usuario	129

PRESENTACIÓN

El presente proyecto describe las tecnologías FTTB (fibra hasta el edificio) y VDSL2 (línea digital de abonado de muy alta velocidad 2), así como el diseño de la red de acceso, empleándolas, para dos edificios ubicados en el sector “La Mariscal” de la ciudad de Quito con el fin de que estos puedan conectarse y recibir los servicios proporcionados por un ISP.

Se realiza una descripción de los principales aspectos relacionados de una u otra manera con estas tecnologías, así como los conceptos más importantes que se relacionan con ellas.

Las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto deberían ser tomadas en cuenta para la realización de proyectos o diseños relacionados con las tecnologías citadas anteriormente.

Sería grato que este trabajo sirva en el futuro como referencia y apoyo bibliográfico para proyectos afines.

RESUMEN

Dada su importancia y las tendencias actuales en lo referente a redes de acceso con elementos pasivos, se presenta una introducción y los aspectos fundamentales que abarcan las tecnologías FTTB (fibra hasta el edificio) y VDSL2 (línea digital de abonado de muy alta velocidad 2).

Se presenta una introducción para posteriormente describir los medios de transmisión empleados en dichas tecnologías, poniendo especial interés en la fibra óptica.

Posteriormente se analizan los aspectos más importantes de una red de acceso, en especial lo concerniente a las redes ópticas pasivas que son el fundamento para diseñar la red de acceso empleando FTTB y VDSL2.

Se explica en resumen los tipos de multiplexación que pueden estar presentes en redes de acceso y los conceptos relacionados a estos, las principales técnicas de control de acceso al medio en redes ópticas pasivas en las que se sustenta FTTB.

Es importante tener presente el marco regulatorio y normativo con relación a este tipo de redes de acceso así como los principales entes regulatorios de las telecomunicaciones en el Ecuador y a nivel mundial, de manera que se mencionan las más importantes normas constitucionales que tienen alguna relación con estas tecnologías. De igual manera se describe los tipos de servicios que pueden brindar, así como la regulación sobre homologación de equipos, todo esto bajo el punto de vista normativo vigente en el Ecuador.

Se realiza una descripción del perfil de los potenciales usuarios de los servicios que puede brindar la red de acceso, sin olvidar los presupuestos que se presentan simultáneamente con el diseño de la red, la misma que conecta dos edificios localizados en el sector La Mariscal de la ciudad de Quito con un ISP ubicado también en el anteriormente mencionado sector.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS FTTB Y VDSL2

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS FTTB Y VDSL2

En el presente Capítulo de manera general se presenta una introducción a las tecnologías FTTB (fibra hasta el edificio) y VDSL2 (línea digital de abonado de muy alta velocidad 2), así como la descripción de sus aspectos fundamentales.

En principio se hace una introducción para luego describir los medios de transmisión empleados en dichas tecnologías poniendo especial énfasis en lo concerniente a la fibra óptica.

Posteriormente se presenta los aspectos más importantes de una red de acceso, así como las redes ópticas pasivas indispensables para desarrollar luego los puntos más relevantes de FTTB y VDSL2.

1.1 INTRODUCCIÓN¹

La arquitectura FTTB (fibra hasta el edificio) y la tecnología VDSL2 (línea digital de abonado de muy alta velocidad 2) están empezando a utilizarse en la actualidad para proveer servicios de banda ancha.

VDSL2 está definido en la última recomendación (febrero de 2006), aprobada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), en el estándar G.993.2; en lo referente a las tecnologías xDSL, es una mejora en relación a VDSL, siendo una alternativa importante que puede reemplazar a tecnologías DSL anteriores como son ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL y otras.

¹ - Chinlon Lin. *Broadband optical access networks and fiber to the home: systems technologies and deployment strategies*. Primera edición, Wiley, 2006.

- Huidobro José, Roldán David. *Redes y servicios de banda ancha*. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.

- ITU-T G.993.2. Febrero 2006.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

La red de acceso con FTTB y VDSL2 se considera una red híbrida debido a que se compone de fibra óptica en lo referente a FTTB y cobre, generalmente par trenzado del tipo UTP (par trenzado no blindado), desde el terminal óptico de red (ONT), que se describirá posteriormente, hasta el usuario.

La utilización de la arquitectura FTTB en conjunto con la tecnología VDSL2 permite alcanzar velocidades de hasta 100 Mbps en cada dirección y dependerá de la distancia, es decir, ésta se reducirá a mayor longitud a la que se encuentre el cliente del ONT. Con VDSL2 (sin FTTB) a 850 m de distancia entre la central y el usuario la velocidad puede disminuir a 25 Mbps y a 1500 m baja hasta 15 Mbps aproximadamente. Es importante tener en cuenta que con la utilización de la arquitectura FTTB se tiene distancias relativamente pequeñas de cobre para VDSL2, debido a que se está considerando las longitudes dentro de un edificio y estas serían de decenas hasta pocos cientos de metros. La distancia máxima que se puede alcanzar con FTTB en conjunto con VDSL2 es aproximadamente 20 km que cubren fácilmente un área metropolitana dependiendo de donde esté ubicada la central, por ejemplo en el caso de la ciudad de Quito se puede llegar incluso a los valles aledaños o poblaciones cercanas a la ciudad sin la utilización de amplificadores o regeneradores, es decir, utilizando una PON (red óptica pasiva) la misma que se describe en el numeral 1.4.

Esta tecnología permitiría proveer servicios *Triple Play*, que implican servicios de voz, televisión de alta definición (HDTV) y altas tasas de transmisión para otras aplicaciones que la requieran como juegos interactivos por Internet, en otras palabras proporciona “banda ancha”. La FCC (Comisión Federal de las Comunicaciones) en EEUU, define como banda ancha a transmisiones superiores a los 200 kbps; en Ecuador, de acuerdo a la regulación vigente publicada por el CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones), se establece como banda ancha una velocidad en bajada de al menos 256 kbps y en subida de 128 kbps. En América Latina los primeros países que tuvieron éxito en la comercialización de servicios *Triple Play* fueron: Chile, México y Brasil.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN UTILIZADOS EN LAS TECNOLOGÍAS FTTB Y VDSL2²

Básicamente los medios de transmisión que se utilizan en estas tecnologías son: pares de cobre, UTP, STP, FTP y fibra óptica, que se proceden a analizar en detalle a continuación.

1.2.1 PARES DE COBRE

En aplicaciones de telecomunicaciones es uno de los medios de transmisión más utilizados y económicos.

Cada par de cobre está constituido por dos hilos, cada uno recubierto por un material aislante. Un cable puede llevar varios hilos, así encontramos de 2 pares, 4 pares, 8 pares o cientos de pares (utilizados en telefonía para las centrales), aunque normalmente los más comunes para aplicaciones caseras o de oficina son los dos primeros.

Si dos hilos están formando una trenza hablamos de par trenzado que puede ser del tipo UTP, FTP o STP. La trenza disminuye la interferencia electromagnética provocada por un conductor sobre otro, también llamada interferencia de señales paralelas (diafonía o *crosstalk*). Si aumenta la frecuencia se incrementará la diafonía.

Esta diafonía o *crosstalk* puede ser de dos clases:

² - Domingo Peña Joan, Gámiz Caro Juan. Comunicaciones en el entorno industrial. Primera edición, editorial UOC, 2003.
- Huidobro José, Roldán David. Redes y servicios de banda ancha. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.
- Jiménez Rochadrun Gerardo. Redes y cableado estructurado. Primera edición, Ritis Graff, 2005.
- Tomasi Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. Cuarta edición, Prentice Hall, 2003.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

- Diafonía del extremo cercano o NEXT (esta señal se induce en la parte del emisor).
- Diafonía del extremo lejano o FEXT (esta señal se induce en la parte del receptor).

1.2.1.1 UTP (*Unshield Twisted Pair*)

El cable UTP, par trenzado no blindado, tiene seis categorías, cada una con distintas propiedades que mejoran conforme aumenta la numeración de la categoría, sobre todo en lo referente a interferencia y atenuación. Cabe indicar que la categoría 1 es utilizada en redes telefónicas y la categoría 2 se utiliza para transmisión de voz y datos hasta 4 Mbps. En la actualidad la TIA/EIA (Asociación de Industrias de Telecomunicaciones / Asociación de Industrias Electrónicas) no reconocen estas dos categorías.

Cada hilo en UTP es de calibre 22 o 24 AWG (*American Wire Gauge*) y cada cable puede estar constituido por 4 pares, 8 pares o más.

Entre más vueltas o trenzas por unidad de longitud exista entre dos hilos de cobre, mejores características tendrá y se reflejan en una mayor resistencia a la interferencia electromagnética y mayor ancho de banda que puede soportar.

En la Tabla 1.1 se resume las principales características en lo referente a: frecuencia máxima que puede soportar (sin que exista distorsión) y número de vueltas por metro que están determinados según la categoría.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

Categoría	Frecuencia máxima (MHz)	Vueltas/metro
3	16	10 -16
4	20	16-26
5	100	26-33
5e	100	26-33
6	250	26-33

Tabla 1.1 Tipos de cables UTP y sus características principales

La atenuación está en función de la frecuencia, a mayor frecuencia la atenuación aumentará. A mayor longitud de cable se tendrá también mayor pérdida de señal por efecto de la atenuación.

En la Tabla 1.2 se puede apreciar algunos valores de atenuación para cables UTP dependiendo de la frecuencia y categoría del cable.

Frecuencia (MHz)	UTP Categoría 3 (dB/100m)	UTP Categoría 4 (dB/100m)	UTP Categoría 5 (dB/100m)
1	2,6	2,2	2,0
4	5,6	4,3	4,1
16	13,1	8,9	8,2
25	-	-	10,4
100	-	-	22,0

Tabla 1.2 Atenuación frente a la frecuencia en algunas Categorías UTP³

La impedancia del cable UTP es 100 ohmios.

³ La atenuación para la categoría 6 es similar a la 5; a 250 MHz su atenuación es de 36 dB/100m.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.2.1.2 STP (*Shield Twisted Pair*)

Es el par trenzado blindado. Consta de dos pares o más de calibre 22 AWG y la capucha que rodea todos los hilos tiene un recubrimiento especial para evitar el ruido y el deterioro del cable, esta es una ventaja frente al UTP aunque su costo también es mayor.

En la Tabla 1.3 se muestra la atenuación de un cable STP a diferentes frecuencias.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)
1	1,1
4	2,2
16	4,4
25	6,2
100	12,3
300	21,4

Tabla 1.3 Atenuación del cable STP en función de la frecuencia

La impedancia del cable STP es de 150 ohmios.

1.2.1.3 FTP (*Foiled Twisted Pair*)

El cable FTP es el par trenzado apantallado con aluminio, posee 4 pares, los hilos son AWG 24. Requiere conexión a tierra. Es empleado en ambientes de alto nivel de ruido. Su costo es más elevado que el UTP.

La impedancia de este cable igual que el UTP es de 100 ohmios.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

La atenuación para un cable FTP categoría 5 es la misma que para un cable UTP de la misma categoría.

1.2.2 FIBRA ÓPTICA

1.2.2.1 Generalidades

La fibra óptica es un medio guiado para transmitir información en forma de luz (visible o infrarroja), muy utilizada en la actualidad por las ventajas que ofrece en relación a otros medios como: el par trenzado, cable coaxial, aire, etc.

Las ventanas típicas en las que opera la fibra óptica son los 850, 1300 y 1550 nm de longitud de onda correspondientes a la luz infrarroja⁴, sin que esto signifique que en fibra óptica no opere luz visible⁵, la cual, tendrá una mayor atenuación que el infrarrojo.

En el transmisor se necesita un conversor electro-óptico para pasar señales eléctricas a señales luminosas, mientras que en el receptor se necesitará un conversor óptico-eléctrico que transforma las señales ópticas a eléctricas.

1.2.2.2 Ventajas y desventajas de la fibra óptica

Entre las ventajas que tiene la fibra óptica se citan las siguientes:

- Permite altas velocidades de transmisión por el gran ancho de banda que soporta.
- Son inmunes a la diafonía (*crosstalk*), en pares de cobre se presenta acoplamiento magnético entre conductores, la fibra óptica está construida de plástico o vidrio, es decir, no son conductores y eliminan este problema.

⁴ La longitud de onda de la luz infrarroja o infrarrojo se encuentra aproximadamente entre 750 nm y 1 mm.

⁵ La longitud de onda de la luz visible se encuentra aproximadamente entre 400 nm y 750 nm.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

- Son inmunes a la interferencia por estática, es decir son inmunes al ruido causado por motores eléctricos, rayos, luces fluorescentes, etc.
- No generan ruido electromagnético debido a que como se dijo anteriormente las fibras están construidas con materiales no conductores y por tanto no radian energía.
- Las fibras ópticas no transmiten señales eléctricas sino luz, por esta razón son más seguras que los medios que transportan señales eléctricas en ambientes con presencia de gases o líquidos volátiles.
- Se puede decir que el costo por metro de fibra óptica, en la actualidad, es aproximadamente igual al cobre, aunque sigue siendo mayor. Los sistemas con fibra óptica tienen menor atenuación, lo que representa un menor número de equipos repetidores y amplificadores, razón por la que se reduce costos en este sentido.

Entre las desventajas de la fibra óptica se citan las siguientes:

- Los equipos de interconexión de fibra son costosos, para que la instalación sea útil, la transformación de las señales eléctricas en luz requerirán de conversores electro-ópticos y para transformar las señales luminosas en eléctricas se emplearán conversores óptico-eléctricos, además de otros equipos como multiplexores-demultiplexores.
 - Tienen menor resistencia a la tensión mecánica que otros medios de transmisión como el cable coaxial. Esto puede solucionarse con recubrimientos en la fibra con chaquetas protectoras de PVC o Kevlar normal (polímero altamente cristalino).
 - Es más difícil así como costosa la reparación y empalme de la fibra óptica en relación al cobre.
-

1.2.2.3 Refracción, índice de refracción y Ley de Snell

En fibra óptica, uno de los fenómenos físicos más importantes relacionados con la propagación de ondas electromagnéticas, es la refracción de la luz.

Un rayo de luz o en general una onda electromagnética se refracta cuando pasa de un material a otro, más concretamente cuando se propaga desde un material con cierta densidad a otro con distinta densidad⁶. La refracción implica que una onda cambie de velocidad y dirección en el límite de los dos materiales. Para que exista refracción la onda incidente debe llegar en forma oblicua a la superficie de separación de los dos medios. En la Figura 1.1 se visualiza la refracción de la luz, cuando un rayo pasa de un medio menos denso a uno más denso, se puede observar como el rayo refractado es desviado hacia la normal ($\theta_1 > \theta_2$). Por el contrario, si un rayo pasa de un medio más denso a uno menos denso, el rayo refractado se desvía con un mayor ángulo en relación con la normal ($\theta_1 < \theta_2$).

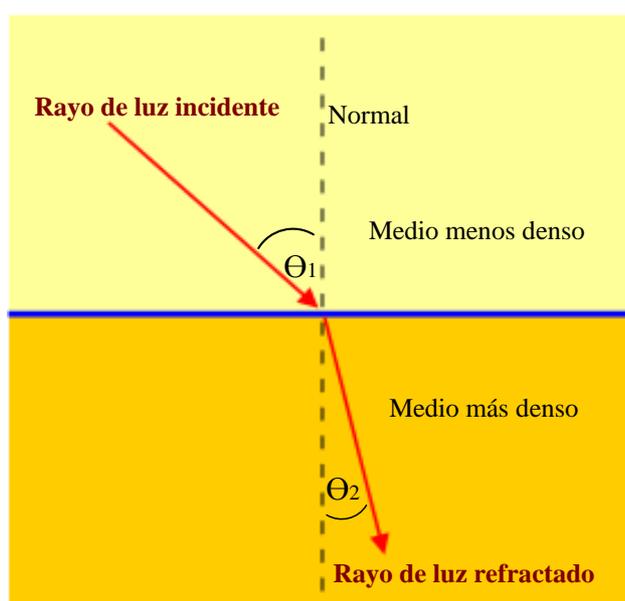


Figura 1.1 Refracción de un rayo de luz al pasar de una material a otro

⁶ La densidad se define como la masa por unidad de volumen.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

La cuantificación de la desviación o refracción en el límite de dos materiales de diferente densidad se puede determinar, y depende del índice de refracción (η) propio de cada medio o material.

El índice de refracción está dado por la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{c}{v}$$

Donde:

c es la velocidad de la luz en el espacio libre ($3 \cdot 10^8$ m/s).

v es la velocidad de la luz en el material.

Con la ayuda de la Figura 1.1, la Ley de Snell se resume en la siguiente ecuación:

$$\eta_1 \text{Sen} \theta_1 = \eta_2 \text{Sen} \theta_2$$

Donde:

η_1 = índice de refracción en el primer material (adimensional).

η_2 = índice de refracción en el segundo material (adimensional).

θ_1 = ángulo de incidencia (grados).

θ_2 = ángulo de refracción (grados).

1.2.2.4 Configuraciones de fibra óptica

Básicamente existen tres configuraciones:

- Fibra monomodo de índice escalonado.
 - Fibra multimodo de índice escalonado.
-

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

- Fibra multimodo de índice gradual o graduado.

La fibra óptica de índice escalonado posee un núcleo con índice de refracción uniforme. El núcleo de este tipo de fibra está recubierto por un revestimiento externo cuyo índice de refracción es uniforme, aunque menor que el del núcleo. Hay un cambio abrupto en el índice de refracción entre revestimiento y núcleo para este tipo de fibra.

La fibra óptica de índice gradual o graduado no cuenta con un revestimiento. El índice de refracción de su núcleo no es uniforme, siendo máximo en el centro y se reduce gradualmente conforme se aproxima al extremo.

1.2.2.4.1 Fibra monomodo de índice escalonado

Este tipo de fibra posee un núcleo suficientemente pequeño (normalmente entre 5 y 10 μm de diámetro) para que atraviese un solo haz de luz.

El índice de refracción del núcleo de vidrio aproximadamente es de 1,5 y del revestimiento varía dependiendo del material con el que esté construido. Para longitudes de onda mayores a su longitud de onda de corte⁷, este tipo de fibra transmite un solo modo.

En la Figura 1.2 se observa como varía el índice de refracción entre núcleo y revestimiento de una fibra monomodo.

Los valores de atenuación máxima se presentan en la Tabla 1.4 y dependen de la longitud de onda y del diámetro del núcleo.

⁷ La longitud de onda de corte es un valor dado por el fabricante. En fibras ópticas monomodo, si la longitud de onda óptica es menor al valor dado por la longitud de onda de corte, entonces se guiará varios rayos de luz, pero si es igual o mayor a dicho valor, entonces se guiará un solo rayo de luz.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.2.2.4.2 *Fibra multimodo de índice escalonado*

Esta configuración es similar a la monomodo con la diferencia que el núcleo central es más grande (típicamente entre 50 y 100 μm de diámetro aunque puede ser de mayor longitud), lo que permite que más de un haz de luz pase por dicho núcleo y que se propaguen en forma de zigzag, no todos los haces de luz tienen la misma trayectoria y en consecuencia no todos tardan lo mismo en recorrer la longitud de la fibra.

En la Figura 1.2 se aprecia la variación del índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento en una fibra multimodo de índice escalonado.

En la Tabla 1.4 se muestran valores de atenuación máximos para la fibra multimodo de índice gradual.

1.2.2.4.3 *Fibra multimodo de índice gradual*

En estas fibras el índice de refracción varía, siendo máximo en el núcleo y disminuyendo hacia la orilla externa, el haz de luz se propaga por refracción. Un haz pasa de una zona menos densa a otra más densa cuando el rayo viaja diagonalmente desde el exterior del núcleo hacia su centro, los haces que viajan en la zona mas cercana al centro recorren menos distancia que los que viajan en la zona más externa, pero los rayos que viajan más alejados al núcleo van a mayor velocidad.

El núcleo tiene entre 50 y 85 μm de diámetro aunque puede ser mayor.

En la Figura 1.2 se puede advertir como varía el índice de refracción del núcleo en una fibra multimodo de índice gradual.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

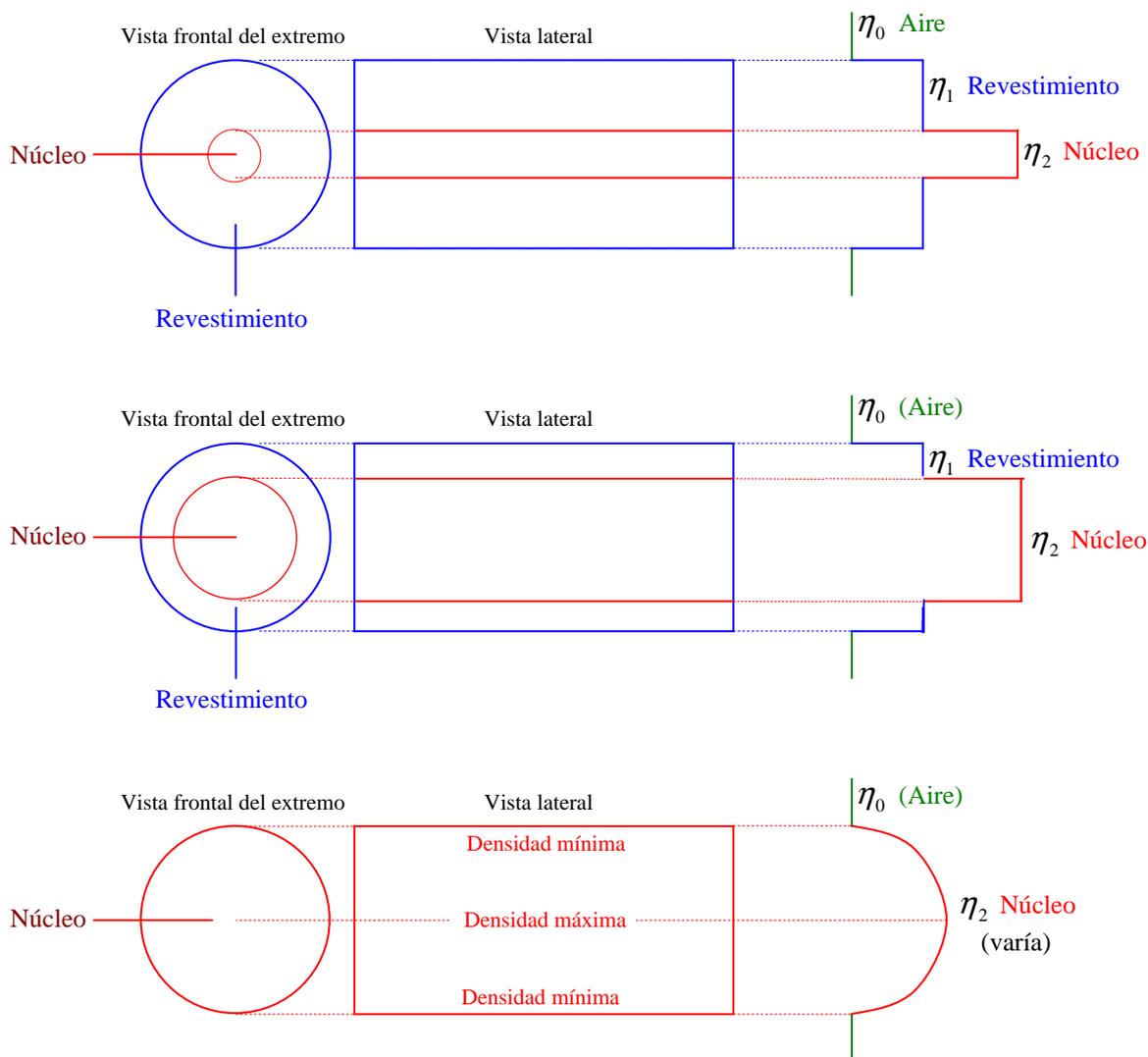


Figura 1.2 Índices de refracción en el núcleo de una fibra óptica: (a) monomodo, índice escalonado; (b) multimodo, índice escalonado; (c) multimodo, índice gradual.

En la Tabla 1.4, que se presenta a continuación se observa algunos valores de atenuación para diversas configuraciones de fibra⁸.

⁸ Tomasi Wayne. *Sistemas de comunicaciones electrónicas. Cuarta edición, Prentice Hall, 2003.*

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

TIPO DE FIBRA	DIÁMETRO DEL NÚCLEO (μm)	DIÁMETRO DE LA CUBIERTA (μm)	ATENUACIÓN (dB/km)
Monomodo	8	125	0,5 (operando en la ventana de 1300 nm)
Monomodo	5	125	0,4 (operando en la ventana de 1300 nm)
Multimodo de índice graduado	50	125	4 (operando en la ventana de 850 nm)
Multimodo de índice graduado	100	140	5 (operando en la ventana de 850 nm)
Multimodo de índice escalonado	200	380	6 (operando en la ventana de 850 nm)
Multimodo de índice escalonado	300	440	6 (operando en la ventana de 850 nm)

Tabla 1.4 Atenuaciones para diferentes tipos de fibras ópticas

1.3 RED DE TELECOMUNICACIONES⁹

1.3.1 GENERALIDADES

Las redes de telecomunicaciones están constituidas por diferentes equipos, sistemas, medios de transmisión y conmutación con el fin de que la información viaje de un punto hacia otro.

En las redes de telecomunicaciones se aprecian tres niveles funcionales que son: los proveedores, el sistema de transporte y los usuarios. En la Figura 1.3, se puede observar los niveles funcionales de una red de telecomunicaciones.

⁹ - Huidobro José, Roldán David. *Redes y servicios de banda ancha. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.*

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

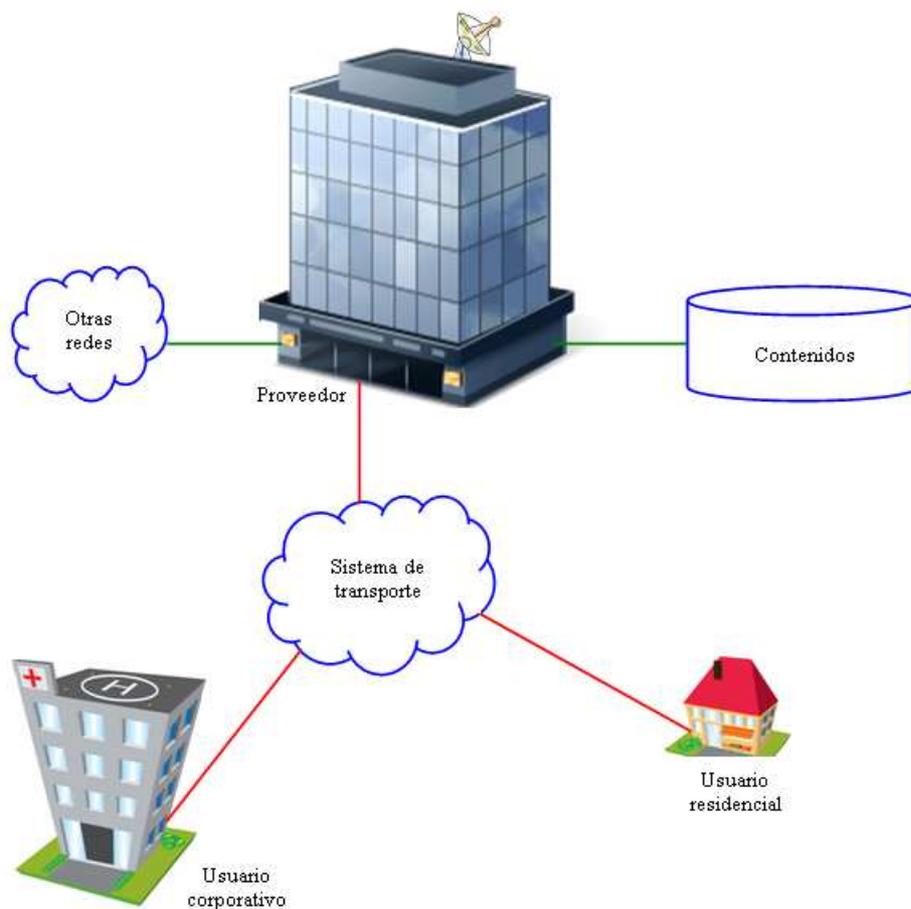


Figura 1.3 Una red de telecomunicaciones vista en bloques

1.3.1.1 Proveedores

Los proveedores tienen como función generar contenidos multimedia¹⁰ que pueden ser transmitidos en tiempo real o almacenados en bases de datos. Dichos contenidos son entregados al sistema de transporte para que por medio de este lleguen a los usuarios.

¹⁰ Los contenidos multimedia básicamente pueden ser: textos, imágenes, animaciones, audios, videos, aplicaciones interactivas o una mezcla de estos.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.3.1.2 Sistema de transporte

El sistema de transporte abarca a los elementos cuya función es trasladar los contenidos multimedia a los usuarios y atender las solicitudes del mismo de ser el caso.

La estructura de un sistema de transporte está formada por redes de transporte, *backbones* y redes de acceso.

Las redes de transporte son el núcleo de un sistema de transporte. Se caracterizan por ser de larga distancia, básicamente se las emplea a nivel nacional o internacional. Las tecnologías que más se utilizan en redes de transporte son SDH, ATM y 10 Gigabit Ethernet.

Los *backbones* no son más que redes de interconexión, cuya función es interconectar redes entre sí. En general este tipo de redes cubren áreas metropolitanas. Las tecnologías más utilizadas son las mismas que emplean las redes de transporte: 10 Gigabit Ethernet, ATM, etc. En *backbones* se considera más importante la velocidad, escalabilidad y transparencia de protocolos, mientras en las redes de transporte el punto más esencial es la capacidad de la red.

La descripción de las redes de acceso se realiza con más detalle posteriormente, previa definición de algunos elementos vinculados a ellas.

1.3.1.3 Usuarios

En los alrededores donde se encuentra el abonado están los interfaces de usuario, los mismos que son los elementos finales de la red encargados de adaptar las señales a interfaces normalizados.

Existen dos tipos de usuarios que son: residenciales y corporativos.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.3.2 CABECERA

Es el primer elemento jerárquico en una red, el cual tiene como función recibir las señales de satélite y/o terrestres para procesarlas y generarlas hacia los usuarios, el diseño de la cabecera se realiza en base a las funciones que se quiera que esta realice, este diseño es importante, puesto que es la que proporcionará en gran medida la calidad de la red de acceso.

Del exterior de la cabecera llegan a ésta diversas señales hasta los elementos de recepción provenientes de diferentes fuentes, siendo los tipos de entradas más frecuentes: vía terrestre, microondas, vía satélite, vía cable, etc.

En la Figura 1.4 se puede observar esquemáticamente una cabecera.

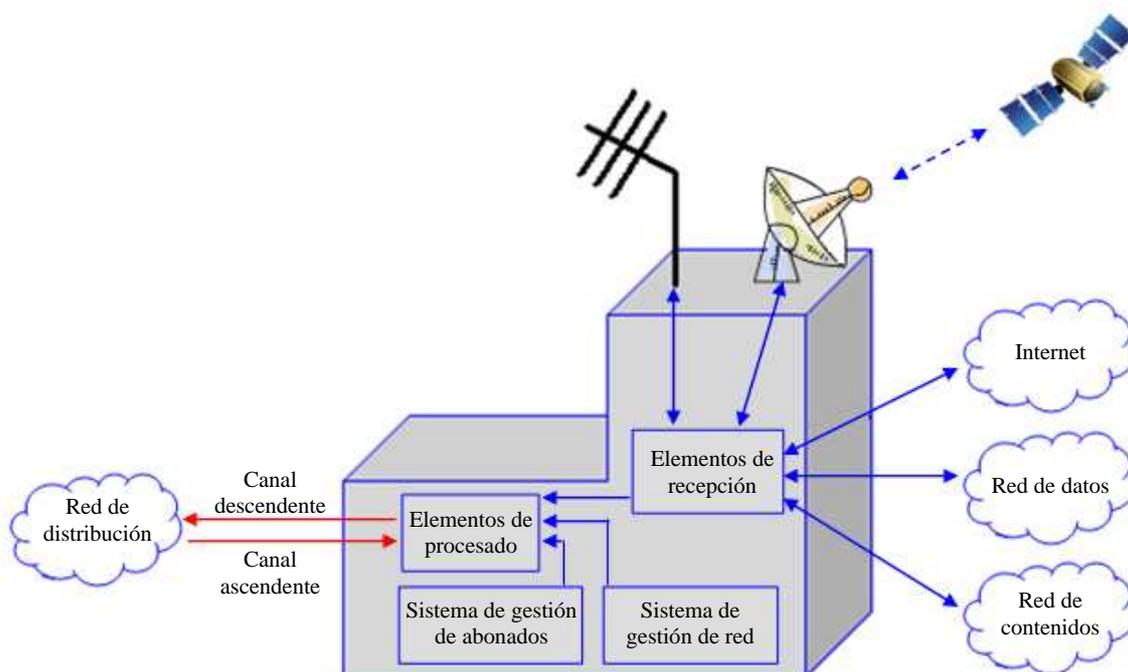


Figura 1.4 Una cabecera en forma esquemática

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

Las funciones de la cabecera son: recepción, procesamiento y opcionalmente elementos de gestión de abonados y servicios que son los encargados de supervisión, operación y mantenimiento de los sistemas y elementos de la cabecera. El SMS (*Subscriber Management System*) realiza las funciones de gestión de abonados y pueden existir algunos de estos actuando en el mismo acceso condicional¹¹. Las funciones de gestión para el cliente pueden ser: modificaciones de los servicios según su perfil, gestión de facturación, gestión para reclamaciones, atención al cliente y otras funciones especiales.

El SMS a través de instrucciones que envía al sistema de acceso, encripta los canales para que solo los usuarios que estén autorizados tengan acceso a estos.

Los elementos de recepción son tan variados como el de la naturaleza de las fuentes y como su nombre lo indica tienen como objetivo la recepción de las señales para transmitir las por la red después de tratarlas, mientras que los elementos del procesamiento de señales se dividen en subsistemas, los mismos que se describen a continuación:

1.3.2.1 Sistema de procesamiento

Recibe un canal analógico el mismo que es digitalizado, posteriormente, en tiempo real codifica y multiplexa en el canal otros datos incluidos en el servicio.

1.3.2.2 Sistema de control de acceso

El proveedor utiliza este sistema para controlar el acceso de los clientes a ciertos servicios.

¹¹ El acceso condicional implica que se permita el acceso o no a los usuarios a uno u otro servicio.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.3.2.3 Multiplexor

Todos los canales de comunicación que compartan el mismo medio de transmisión son agrupados para ser difundidos por la red. La multiplexación se describe con más detalle en el capítulo siguiente.

1.3.2.4 Moduladores

Las señales de banda base son convertidas a las frecuencias de salidas de la red, evitando mientras se pueda intermodulaciones.

1.3.2.5 Elementos de transmisión

Conjuntamente con los mezcladores, construyen la señal de radiofrecuencia que se transmitirá por la red.

1.3.3 LA RED DE ACCESO

A la última parte de la red de telecomunicaciones y que tiene el punto de conexión con el cliente se la denomina red de acceso o última milla, de sus características dependerá, en parte, la cantidad y calidad de los servicios a los que los usuarios puedan acceder. Propiamente la red de acceso con FTTB y VDSL2 es aquella infraestructura que va desde la central o cabecera hasta el usuario.

1.3.3.1 La arquitectura de red

La arquitectura de red o topología, se desarrolla en base a los servicios que soporta y por el grado de penetración de la red; estos dos aspectos van a definir el mercado objetivo, al área formada por la ubicación física de los usuarios se la divide en pequeñas zonas llamadas celdas, esta división está bajo el criterio de cada operador, que generalmente se basa en el número de clientes potenciales

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

que podrían abonarse (también llamados clientes pasados). De la división de celdas se pueden definir dos tramos en la red de acceso:

- La red de distribución.
- La red de reparto.

En redes ópticas, los elementos que conectan estos tramos de la red con la cabecera así como con los usuarios son:

- OLT (terminal de línea óptica).
- ONT (terminal de red óptica).
- ONU (unidad de red óptica).

Posteriormente, cuando se describan las redes ópticas pasivas y la tecnología FTTB se podrá apreciar la ubicación de estos elementos.

1.3.3.1.1 Red de distribución

Este tramo es el comprendido entre la cabecera o central y una cabecera secundaria o estación base cercana a las inmediaciones donde se encuentran los usuarios.

La implementación de la red de distribución solía estar soportada por líneas de cobre y cable coaxial con amplificadores para cubrir extensas zonas, pero actualmente se utilizan tecnologías que tienen gran ancho de banda como son las que emplean fibra óptica y que generalmente son las más difundidas; así como radio enlaces.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.3.3.1.2 Red de reparto

A este tramo también se lo llama bucle local, conecta a una cabecera secundaria con el usuario. Aquí va a estar la gran diferencia para los requerimientos de los servicios a los que van a tener acceso los usuarios.

En el caso de FTTB-VDSL2 la transmisión debe estar en formato luminoso para transmitirse por la red óptica, mientras en el último tramo de la red de acceso, es decir en la red de reparto, la información debe estar en formato eléctrico hasta que llega al usuario.

En la Figura 1.5 se presenta esquemáticamente una red de acceso.

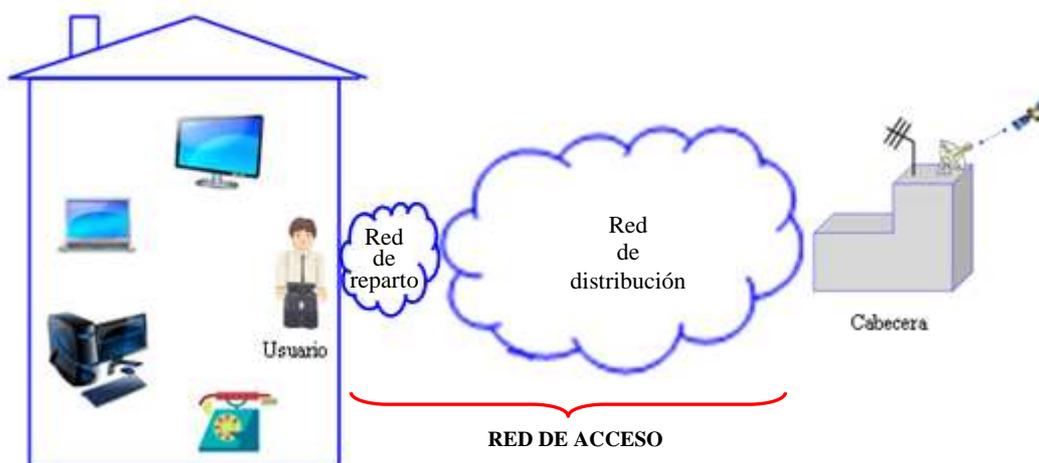


Figura 1.5 Esquema de una red de acceso

A continuación se indica los medios de transmisión utilizados en algunas redes actuales.

- Par trenzado.
 - Cable coaxial.
 - Fibra óptica.
-

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

- Radio enlaces.

Algunos de los medios de transmisión anteriormente mencionados se utilizan en las tecnologías con mayor crecimiento en la actualidad que son:

- Tecnologías xDSL.
- Redes PON.
- HFC (*Hybrid Fiber Coaxial*).
- WLL (*Wireless Local Loop*).

1.3.3.1.3 Terminal de línea óptica (OLT)

Se encuentra ubicado en el nodo central o cabecera. La terminal de línea óptica puede considerarse como un interfaz entre la red de acceso (específicamente la red de distribución) y otras redes de jerarquía superior. Uno o más OLT pueden estar en la cabecera, los mismos que enlazan uno o más ONT, esto en función de la topología.

1.3.3.1.4 Terminal de red óptica (ONT)

Es el terminal en el que se conecta el medio de transmisión que llega al usuario, la ubicación de este equipo indica la arquitectura óptica que se tiene, por ejemplo, cuando este terminal se encuentra en un edificio se tiene la tecnología FTTB, mientras que si se encuentra en una casa, departamento o vivienda la tecnología se llama FTTH¹².

El ONT envía la señal descendente a los usuarios y forma la señal ascendente con información de múltiples usuarios.

¹² Fibra hasta el hogar.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.3.3.1.5 Unidad de red óptica (ONU)

Cuando el ONT llega hasta el vecindario o acera se lo llama ONU. Al igual que el ONT sus funciones son: dar al cliente la señal descendente y multiplexar las señales de muchos usuarios para enviar una señal ascendente al OLT; realiza también conversión óptica-eléctrica y eléctrica-óptica. En algunas arquitecturas que emplean fibra óptica se encuentra el NT (terminal de red), la misma que se encuentra entre la ONU y el usuario.

Los gráficos esquemáticos que muestran la ubicación del OLT, ONT y ONU, se presentan en las Figuras 1.6 y 1.7 más adelante.

1.4 REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON)¹³

1.4.1 GENERALIDADES

Las PON del inglés *Passive Optical Networks*, constan en lo concerniente a la red de distribución, de elementos pasivos, es decir, no tienen elementos activos como amplificadores o regeneradores. Por su bajo costo se convierten en una buena opción. FTTB se emplea en redes ópticas pasivas.

Básicamente las redes ópticas pasivas estandarizadas en la actualidad son Ethernet PON (EPON), ATM PON (APON), Broadband PON (BPON) y Gigabit PON (GPON). Las PON en general utilizan dos longitudes diferentes de onda, una en el sentido de bajada (*downlink*) y otra en el sentido de subida (*uplink*) que son compartidas en tiempo por los usuarios, es decir se utiliza multiplexación TDM-PON (multiplexación por división de tiempo PON). La multiplexación por división de tiempo (TDM) se explica en el Capítulo 2 con mayor detalle. También se utiliza para la transmisión simultánea en sentido descendente como

¹³ - España Boquera María del Carmen. *Servicios avanzados de telecomunicación*. Ediciones Díaz de Santos, 2003.
- Huidobro José, Roldán David. *Redes y servicios de banda ancha*. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

ascendente WDM-PON (multiplexación por división de longitud de onda PON), dicha multiplexación también es parte del Capítulo siguiente.

También se puede emplear dos hilos de fibra óptica, uno para transmisión y otro para recepción.

La topología más conveniente es en estrella, aunque también pueden ser del tipo árbol, bus o anillo. La ventaja de la topología en estrella consiste en que utiliza un reducido número de divisores de red o *splitters*.

En la Figura 1.6 se presenta las principales topologías de PON, los círculos representan los *splitters*.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

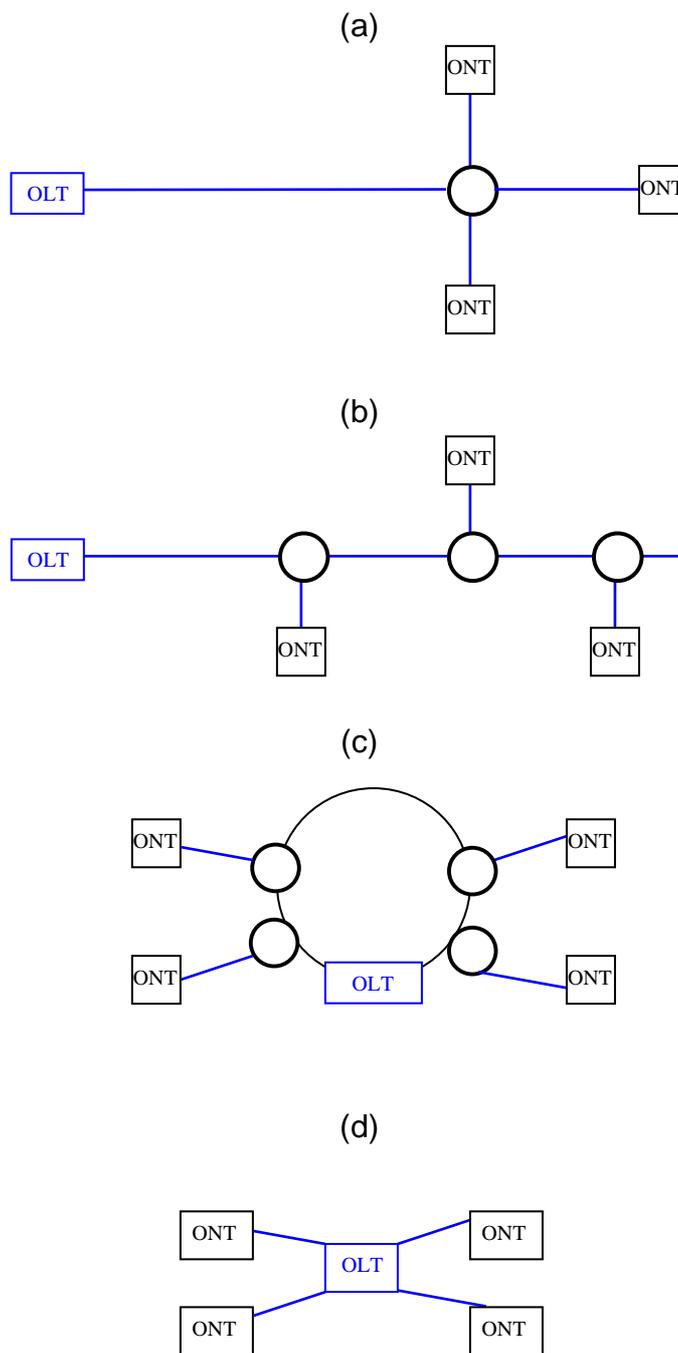


Figura 1.6 Topologías en PON: a) tipo árbol; b) tipo bus; c) tipo anillo; d) tipo estrella

1.4.2 ETHERNET PON (EPON)

En lo referente a la capa física de EPON se encuentra descrito en el estándar IEEE 802.3ah. Tiene una topología punto multipunto.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

Tiene una longitud variable de paquetes. Ethernet PON utiliza el protocolo MPCP (*Multi-Point Control Protocol*), su función consiste en el control del acceso en topologías del tipo punto-multipunto por medio de la emisión de mensajes, máquinas de estado y temporizadores.

La velocidad máxima real es 1 Gbps, aunque la velocidad nominal máxima para EPON es de 1,25 Gbps en modo simétrico, la reducción se debe al empleo de codificación 8B/10B¹⁴.

El acceso al medio en EPON se describe en el Capítulo 2.

En la Tabla 1.5 se puede visualizar las características fundamentales de esta tecnología.

1.4.3 ATM PON (APON)

Si la red óptica utiliza ATM como tecnología de nivel 2 se la conoce como ATM PON.

Puede funcionar tanto en modo simétrico como asimétrico, el primero puede alcanzar 155 Mbps, mientras en el segundo se llega a 622 Mbps en el canal de bajada y 155 Mbps para el de subida.

La descripción del acceso al medio se describe en el Capítulo siguiente.

1.4.4 BROADBAND PON (BPON)

Está basada en la APON, que posteriormente se llamó BPON, su utilización no es necesariamente para tráfico ATM.

¹⁴ 8B/10B, convierte 8 bits en banda base a 10 bits después de la codificación.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

Originalmente se definió para trabajar a 155 Mbps en sentido ascendente como descendente, en la actualidad las velocidades máximas que soporta son 1,25 Gbps en bajada y 622 Mbps en subida en modo asimétrico y de 622 Mbps en modo simétrico.

En la actualidad tiene un costo de implementación menor al de GPON.

En la Tabla 1.5 se muestra las principales características en BPON así como una comparación con otras tecnologías del tipo PON.

1.4.5 GIGABIT PON (GPON)

Se aprobó entre los años 2003 y 2004 en los estándares de la ITU-T, consta de las recomendaciones: G984.1, G984.2, G984.3, G984.4 y G984.5. Esta tecnología es posterior a BPON.

Las redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit tienen velocidades superiores a 1 Gbps.

Las GPON tienen un alcance máximo de 60 km y una sola fibra puede dar servicio hasta a 64 usuarios en condiciones normales.

El costo actualmente de GPON es mayor al de BPON, aunque en el futuro se espera que tenga una reducción de costos más acelerada que BPON.

En el Capítulo 2 se describe lo concerniente al acceso al medio. En la Tabla 1.5 se describan las características principales de GPON que permite apreciar diferencias y similitudes con EPON y BPON.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

CARACTERÍSTICAS	EPON	BPON	GPON
Tasa de transmisión (Mbps)	1250 (modo simétrico)	Bajada: 1244; 622; 155 Subida: 622; 155	Bajada: 2488; 1244 Subida: 2488; 1244; 622; 155
Codificación de línea	8B/10B	NRZ	NRZ
Número máximo de abonados por fibra óptica	32	32	64
Alcance máximo (km)	20	20	60
Estandarización	IEEE 802.3ah	ITU-T G983.x	ITU-T G984.x
Soporte de video RF	No	No	Si
Costo de implementación	El menor de todos	Menor a GPON	Medio

Tabla 1.5 Características principales de tecnologías PON

1.5 LA ARQUITECTURA FTTB¹⁵

1.5.1 GENERALIDADES

FTTB, de las siglas en inglés *Fiber To The Building* (fibra hasta el edificio), permite la transmisión de información a altas velocidades aprovechando las ventajas de la fibra óptica y los sistemas de distribución ópticos.

Este tipo de arquitectura se está empezando a implementar en la actualidad y puede tener buenos resultados puesto que es más económica que arquitecturas similares como FTTH (fibra hasta el hogar) debido a que en este caso se llega con fibra óptica hasta el hogar o domicilio donde se encuentra el abonado, razón por la cual los costos se incrementan.

¹⁵ - Huidobro José, Roldán David. *Redes y servicios de banda ancha. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.*

- Pastor Avellán Daniel, Ramas Pascual Francisco, Capmany Francoy José. *Sistemas de comunicaciones ópticas. Universitat Politècnica de Valencia, 2007.*

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

Con FTTB en cambio, llega una sola terminal de red óptica (ONT) hasta el edificio y es compartida por todos los abonados en el edificio. Desde la terminal de red óptica hasta el abonado o usuario se tiene cobre con tecnología que puede ser del tipo xDSL y que para el caso concreto de este proyecto de titulación será VDSL2.

1.5.2 PRINCIPALES ARQUITECTURAS SIMILARES A FTTB

1.5.2.1 FTTH (*Fiber To The Home*)

FTTH es la fibra hasta el hogar, es decir la fibra óptica llega al domicilio u oficina del usuario. El cliente no comparte recursos con otros usuarios. Es la alternativa más costosa al momento de implementarla.

Una ventaja adicional al gran ancho de banda que ofrece consiste en que es una red pasiva, por consiguiente no emplea elementos activos como: amplificadores, regeneradores, etc.

1.5.2.2 FTTC (*Fiber To The Curb*)

FTTC es la fibra hasta la acera, en este caso la fibra llega generalmente hasta un armario ubicado en la calle desde donde se distribuirá al usuario por medio de cobre o cable coaxial.

Tiene como una de sus principales desventajas que se necesita mayor inversión que FTTH en lo que se refiere a equipos de multiplexación e interfaces de red. La tecnología FTTC compensa costos haciéndola más económica en relación a FTTH, debido a que este último emplea mayor longitud de fibra óptica en relación al primero y principalmente tomando en consideración que los equipos terminales de usuario con interfaz óptico son costosos.

FTTC es capaz de ofrecer servicios de gran ancho banda.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

La red de acceso con FTTC se considera híbrida en el sentido de que utiliza fibra óptica hasta el punto dónde termina la instalación óptica y a partir de allí hasta el usuario se llega con cobre o cable coaxial.

1.5.2.3 FTTCab (*Fiber To The Cabinet*)

FTTCab es la fibra hasta el gabinete, es similar a FTTC, pero servirá a un mayor número de clientes.

Al igual que las anteriores, tiene la capacidad de proporcionar al usuario servicios que requieren un gran ancho de banda.

1.5.2.4 FTTN (*Fiber To The Neighborhood*)

FTTN, fibra hasta el vecindario, también es similar a FTTC, la fibra óptica llega hasta un lugar de un barrio o vecindario para desde allí llegar a los usuarios por un medio de transmisión más económico como el cobre.

En la Figura 1.7 se muestra la distribución de los principales elementos empleados en redes de acceso que emplean fibra óptica: *Fiber To The Home* (FTTH), *Fiber To The Building* (FTTB), *Fiber To The Neighborhood* (FTTN), *Fiber To The Curb* (FTTC), *Fiber To The Cabinet* (FTTCab).

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

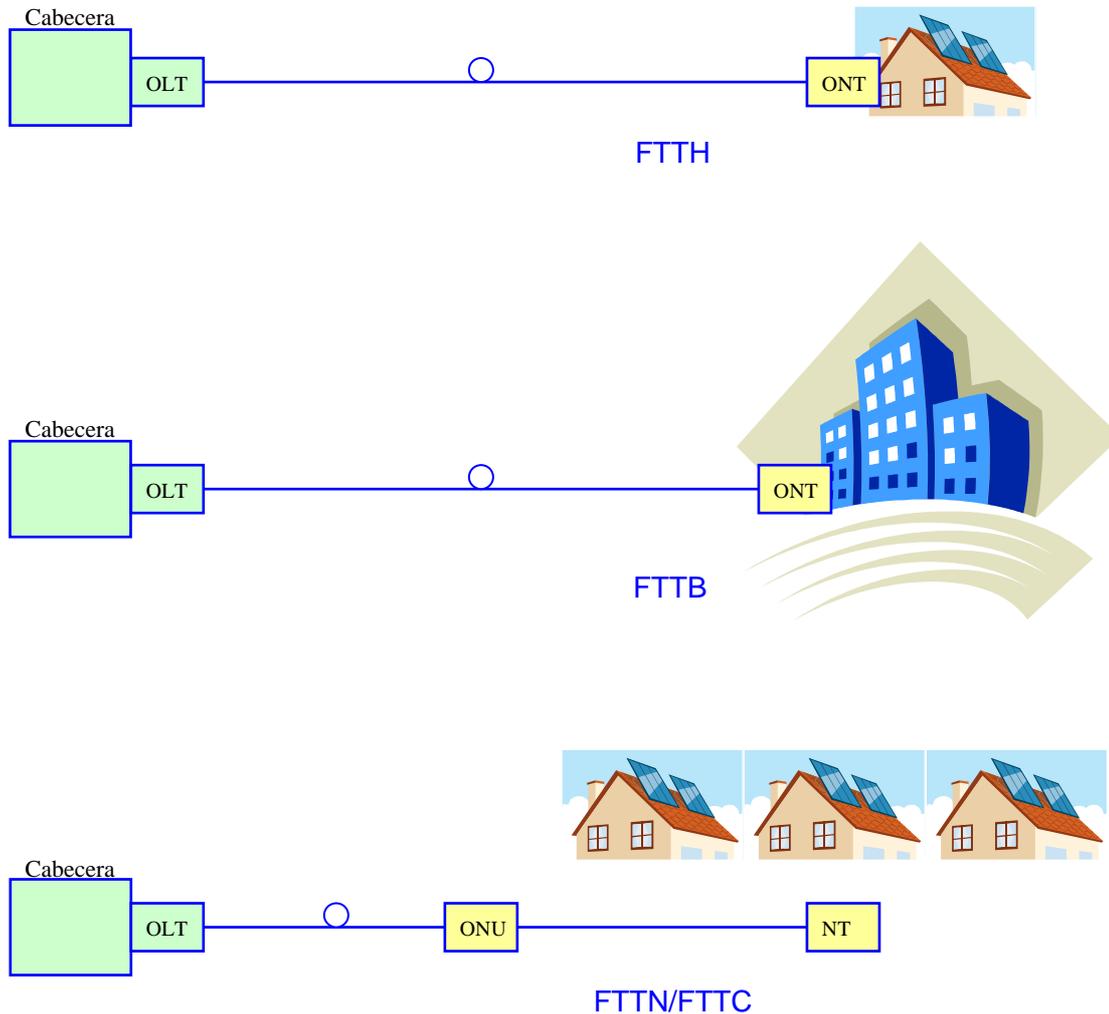


Figura 1.7 Distribución de algunos elementos en varias tecnologías de acceso con fibra óptica

1.5.3 ELEMENTOS BÁSICOS DE LA ARQUITECTURA FTTB

Básicamente se encuentran 4 elementos principales en la arquitectura FTTB que fueren descritos anteriormente, estos son:

- Cabecera.
 - Terminal de línea óptica (OLT).
-

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

- Fibra óptica.
- Terminal de red óptico (ONT).

En la Figura 1.8 se muestra los elementos básicos de la arquitectura FTTB.



Figura 1.8 Elementos básicos de la arquitectura FTTB

1.6 LA TECNOLOGÍA VDSL2¹⁶

1.6.1 LA FAMILIA xDSL

xDSL (*x Digital Subscriber Line*), línea digital de abonado, es el término utilizado para describir las tecnologías con conexión digital que utilizan línea de abonado de la red telefónica local.

Los miembros de la familia xDSL son:

- ADSL.
- ADSL2.

¹⁶ - Huidobro José, Roldán David. *Redes y servicios de banda ancha. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.*

- ITU-T recomendación G.993.1. Junio 1999.

- ITU-T recomendación G.993.2. Febrero 2006.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

- ADSL2+.
- SDSL.
- IDSL.
- HDSL.
- SHDSL.
- VDSL.
- VDSL2.

La que mejores prestaciones ofrece es la última, VDSL2 y será objeto de un análisis más profundo al final del presente Capítulo.

Una característica que identifica a los miembros de la familia xDSL es que utilizan el par trenzado de cobre en todo o parte del trayecto desde la central hasta el abonado.

1.6.1.1 ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*)

Es la línea digital de abonado asimétrica, utiliza como medio de transmisión el par de cobre desde la central telefónica hasta el lugar donde se encuentre el cliente.

El servicio ADSL utiliza bandas de frecuencia superiores a la empleada por la PSTN (*Public Switched Telephone Network*) que es de 0 a 4 kHz.

ADSL tiene una transmisión asimétrica, la velocidad de bajada (*downstream*) es diferente a la de subida (*upstream*). Las velocidades en ADSL están aproximadamente entre: 1,5 a 8 Mbps para bajada y 16 a 640 kbps para subida.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

La velocidad se reduce con el incremento de la distancia entre la central y el abonado así como con ruido presente en el bucle.

En la Figura 1.9 se observa la relación entre la distancia del bucle de abonado en ADSL y el caudal máximo, con un calibre de cable de cobre de 0,405 mm (26 AWG) y sin extensiones, se puede observar la diferencia con presencia de ruido y sin este, en los bucles con ruido la fuente de éste es de -43 dBm^{17} . En la práctica un bucle de abonado tendrá presencia de ruido y posiblemente ramas multiplicadas y diferentes calibres de conductor.

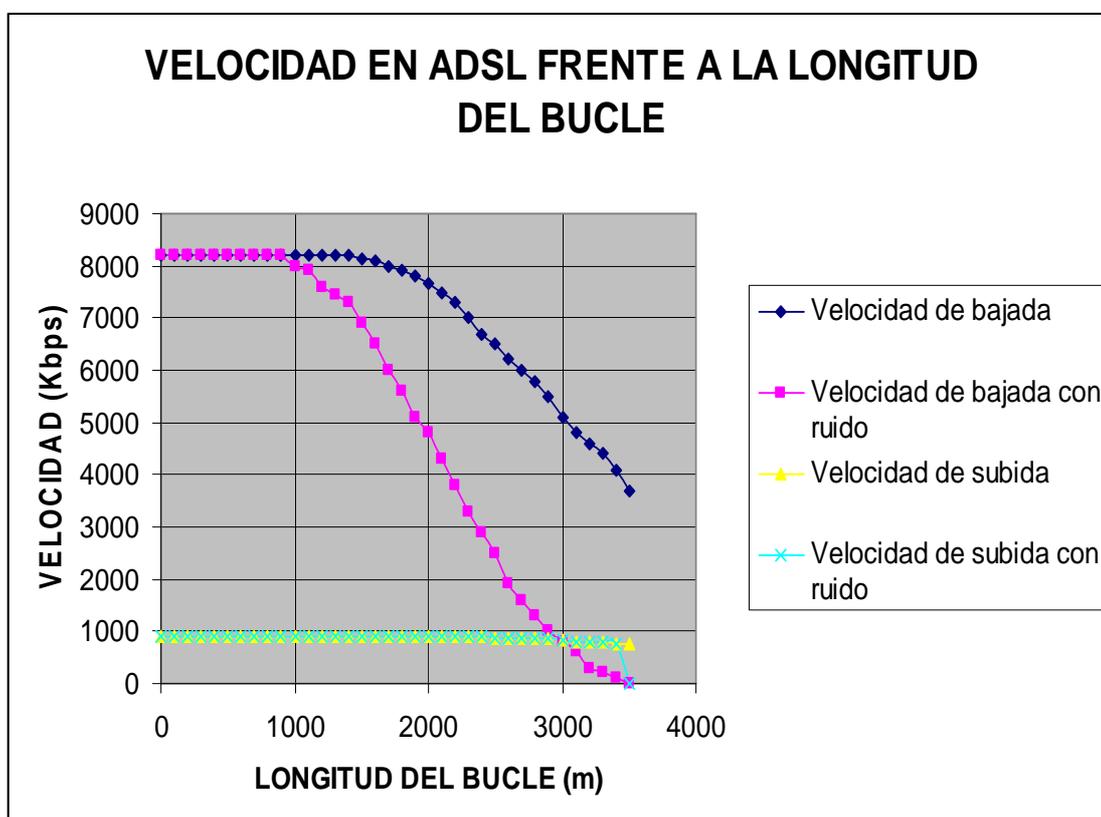


Figura 1.9 Caudal máximo frente a la longitud de bucle de abonado en ADSL.

¹⁷ El dBm es una unidad que expresa potencia absoluta por medio de una relación logarítmica

dada por la siguiente ecuación:
$$dBm = 10 * \log \frac{P}{1mW}$$

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

Las principales aplicaciones de ADSL son: Internet, multimedia interactiva y video bajo demanda (VoD).

Una ventaja de ADSL es que utiliza la infraestructura de cable instalada y su implementación no requiere reemplazar la existente.

1.6.1.2 ADSL2 (*Asymmetric Digital Subscriber Line 2*)

Es la línea digital de abonado asimétrica 2, es superior a ADSL en el sentido de que es capaz de proporcionar mayores velocidades. También utiliza como medio de transmisión el par de cobre desde la central telefónica hasta el lugar donde se encuentra el cliente.

ADSL2, al igual que ADSL, tiene una transmisión asimétrica pero a mayores tasas de transmisión: 12 Mbps para bajada y 2 Mbps para subida.

1.6.1.3 ADSL2+ (*Asymmetric Digital Subscriber Line Plus*)

Es la línea digital de abonado asimétrica 2 plus. Mantiene al igual que las tecnologías que lo precedieron transmisión asimétrica.

Tiene mejoras en relación a ADSL2, la velocidad puede alcanzar 24 Mbps en sentido de bajada y 2 Mbps en el de subida para cortas distancias entre la central y el cliente, en otras palabras para bucles de abonado cortos. En lo referente a los valores mínimos de velocidad, se tiene, en sentido descendente 16 Mbps y en el ascendente 800 kbps. Utiliza como medio de transmisión el par de cobre desde la central telefónica hasta el cliente.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.6.1.4 SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Line*)

Línea digital de abonado simétrica, como su nombre lo indica es un tipo de DSL pero simétrica, en otras palabras, tiene la misma velocidad de subida que de bajada y puede ser a 400 kbps, 800 kbps, 1200 kbps y 2048 kbps.

1.6.1.5 IDSL (*ISDN Digital Subscriber Line*)

Línea digital de abonado sobre ISDN (*Integral Services Digital Network*) que es la red digital de servicios integrados. Provee el servicio básico ISDN sobre DSL. IDSL igual que los otros miembros de la familia DSL es una tecnología de bucle local.

Ofrece una velocidad de hasta 128 kbps tanto en subida como en bajada. Generalmente la longitud máxima es de hasta 8 km en el bucle de abonado y dependerá de factores como el calibre del cable, el estado en que se encuentre, entre otros.

1.6.1.6 HDSL (*High Bit Rate Digital Subscriber Line*)

Línea digital de abonado de alta velocidad, alcanza velocidades en una dirección de 1,544 Mbps (T1) o 2,048 Mbps (E1) utilizando un solo par de cobre simétrico, la utilización de dos pares permite comunicación bidireccional a 1,024 Mbps en cada sentido.

La distancia máxima para HDSL es de entre 3 y 4 km y dependerá de las propiedades del cobre y otros factores ambientales como ruido.

1.6.1.7 SHDSL (*Single Pair High Speed Digital Subscriber Line*)

Línea digital de abonado de alta velocidad en un solo par, proporciona transmisión entre 192 kbps y 2,304 Mbps con un solo par de cobre; también puede utilizarse

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

dos pares, en cuyo caso, la velocidad se incrementa y estará comprendida entre 384 kbps y 4,608 Mbps. La distancia máxima puede superar los 3 km.

1.6.1.8 VDSL (*Very High Bit Rate Digital Subscriber Line*)

Línea digital de abonado de muy alta tasa de transmisión, proporciona un servicio asimétrico con un máximo teórico de 52 Mbps para bajada y 12 Mbps para subida a cortas distancias (unos pocos cientos de metros de la central), lógicamente a mayor distancia con medios de transmisión de cobre la velocidad se irá reduciendo. Al igual que las tecnologías que le preceden, generalmente utiliza como medio de transmisión el par trenzado aunque también puede haber una combinación de éste con fibra óptica.

La modulación es DMT (modulación por multitono discreto) o QAM (modulación por amplitud en cuadratura), siendo la primera la más utilizada.

VDSL al igual que VDSL2 puede utilizar fibra óptica y cobre, las arquitecturas más comunes que se utilizan para su despliegue utilizando fibra óptica son: FTTH, FTTB, FTTN y FTTC.

VDSL puede ser utilizada para proporcionar televisión de alta definición (HDTV) debido a que tiene un gran ancho de banda, así como aplicaciones que requieran de altas tasas de transferencia.

En la Figura 1.10 presentada a continuación se muestra la tecnología VDSL utilizando arquitectura FTTB.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

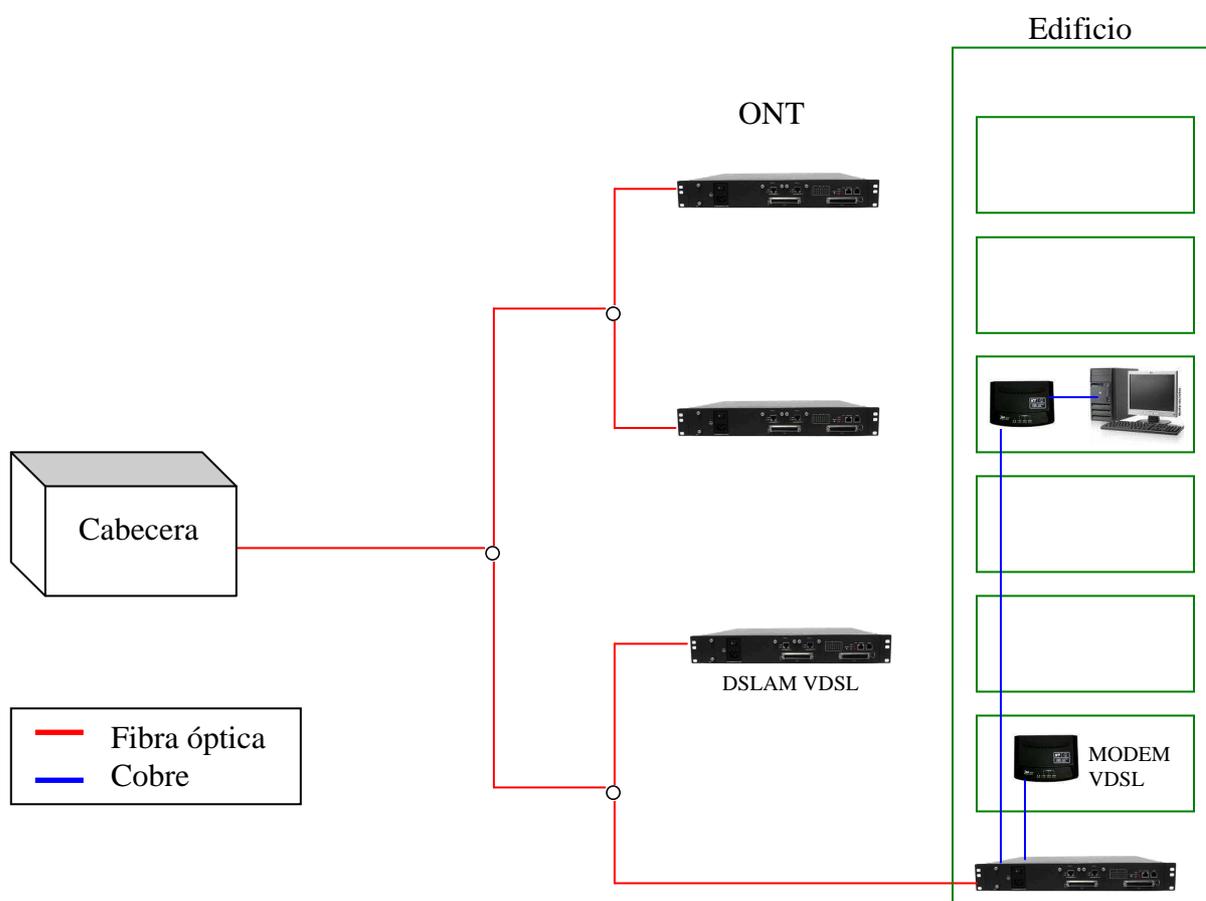


Figura 1.10 VDSL con FTTB¹⁸

Con VDSL y arquitectura FTTB se puede llegar a un edificio para proveer servicios de banda ancha a los usuarios. El DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) que se describe con más detalle en el Capítulo 2, se encuentra ubicado dentro del edificio y permite la multiplexación de tal manera que varios clientes compartan una misma fibra óptica.

Se puede visualizar que es una arquitectura híbrida pues utiliza fibra óptica y cobre.

¹⁸ No incluye la conexión telefónica.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.6.2 VDSL2 (*VERY HIGH BIT RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE 2*)

A continuación se describen los aspectos más importantes de VDSL2, cuya tecnología servirá para diseñar una red de acceso posteriormente.

1.6.2.1 Descripción general

La línea digital de abonado de muy alta velocidad 2, VDSL2 (*Very High Bit Rate Digital Subscriber Line 2*), es la más reciente tecnología de la familia DSL, cuyo estándar ITU-T G.993.2 se aprobó en febrero de 2006.

VDSL2 permite transmisiones simétricas o asimétricas. En la transmisión simétrica, la velocidad de bajada (*downstream*) es igual a la de subida (*upstream*). En la transmisión asimétrica, la velocidad de bajada (*downstream*) es diferente a la de subida (*upstream*), generalmente cuando se habla de transmisión asimétrica se tiene mayor velocidad de bajada que de subida. Se entiende como “bajada” lo que llega al usuario y “subida” lo que envía éste.

Con VDSL2, se puede conseguir velocidades netas bidireccionales (suma de la velocidad en sentido ascendente y descendente) de hasta 200 Mbps con un ancho de banda máximo de 30 MHz.

Esta tecnología utiliza duplexación por división de frecuencias (FDD), de esta manera se logra separar la transmisión en sentido descendente de la ascendente.

El estándar no permite el traslape de bandas ascendente y descendente. Más adelante se describen las bandas de operación para VDSL2.

La red de acceso puede ser íntegramente de cobre o parte de ella puede ser fibra óptica utilizando topologías como FTTB, FTTC o FTTCab, es decir VDSL2 puede instalarse desde la oficina central o desde cajas o closets ubicados cerca del cliente, así como desde el propio edificio.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

La técnica de modulación puede ser QAM/CAP (*Carrierless Amplitude/Phase*) o DMT (*Discrete Multi Tone*).

Esta tecnología puede proveer servicios que requieren un gran ancho de banda como es “*Triple Play*”¹⁹.

A partir del año 2007 varios operadores a nivel mundial han empezado a ofrecer esta tecnología a los usuarios, así por ejemplo se tiene en España: Telefónica y Jazztel; Italia: Telecom; Alemania: Deutsche Telecom; Eslovenia: Voljatel; etc.

1.6.2.2 Plan de bandas por debajo de 12 MHz

La norma VDSL2 establece un plan de cinco bandas en la gama de frecuencias por debajo de 12 MHz como se muestra a continuación según la norma UIT-T G.993.2 en la Figura 1.11.

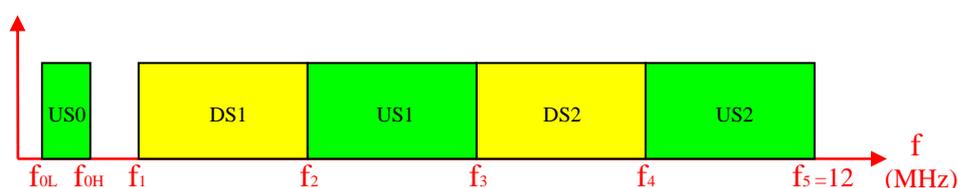


Figura 1.11 Plan de bandas en la gama de frecuencias hasta 12 MHz (G.993.2)

Las bandas en color verde corresponden a las utilizadas para transmisión en sentido *uplink* o de subida, mientras en color amarillo se aprecian las bandas para *downlink* o de bajada. US0 corresponde a la banda entre f_{0L} (frecuencia más baja de la banda US0) y f_{0H} (frecuencia más alta de la banda US0), se utiliza para transmisión de subida (ascendente) de ser el caso. DS1 corresponde a la primera banda en el sentido de bajada; US1 es la primera de subida; DS2 se asigna para la segunda de bajada, mientras US2 a la segunda banda en el sentido de subida.

¹⁹ *Triple Play* es la comercialización de servicios de voz, televisión de alta definición (HDTV) y altas tasas de transmisión para otras aplicaciones como juegos interactivos por Internet.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

DS1, US1, DS2 y US2 se encuentran delimitadas por f_1 , f_2 , f_3 , f_4 y f_5 . Cabe indicar también que: $f_1 \geq f_{0H}$.

Las frecuencias de la Figura 1.11 se asignan en el estándar G.993.2 de la ITU, para tres Regiones: Norte América, Europa y Japón. Cada Región puede contar con perfiles adicionales, por lo tanto la figura anterior es referencial.

1.6.2.2.1 Plan de bandas por debajo de 12 MHz para Norte América

El plan de bandas para Norte América se puede visualizar en la Figura 1.12, la f_{0L} de la banda US0 puede variar entre 4kHz (sin POTS²⁰) y 25 kHz (con POTS) mientras que la f_{0H} de la banda antes mencionada puede estar entre 138 kHz y 276 kHz.



Figura 1.12 Plan de bandas de VDSL2 en la gama de frecuencias hasta 12 MHz para Norte América

El caso de la Figura 1.12 es el más general utilizado para esta Región, corresponde al perfil (II) de la Tabla 1.6, pero puede existir otro perfil que se resume a continuación cuyo valor de referencia indica las frecuencias de la subportadora de datos²¹ en los extremos de la banda superior.

²⁰ POTS se refiere al servicio telefónico ordinario o tradicional.

²¹ La técnica de modulación más empleada en ADSL, VDSL, VDSL2 es DMT (Discrete Multi Tone), la cual utiliza múltiples portadoras o tonos en lugar de una, se conoce como subportadora a cada una de estas portadoras, las mismas están separadas 4,315 kHz entre sí. La separación entre subportadoras en caso de que VDSL2 ocupe 30 MHz de ancho de banda es de 8,625 kHz.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

Parámetros	Perfiles	
	(I)	(II)
Frecuencia en el borde de la banda superior de la subportadora de datos más alta en sentido descendente (DS) en MHz.	8,5	8,5
Frecuencia en el borde de la banda superior de la subportadora de datos más alta en sentido ascendente (US) en MHz.	5,2	12

Tabla 1.6 Perfiles de VDSL2 para Norte América hasta 12 MHz

1.6.2.2.2 Plan de bandas por debajo de 12 MHz para Europa

Se define dos planes diferentes de bandas para Europa, los cuales están basados en los planes de bandas A y B de la recomendación G.993.1 de la UIT-T y que previamente se identificaban como Plan 998 y Plan 997 respectivamente.

En la Tabla 1.7 se muestra los planes de bandas para Europa apreciándose dos variantes distintas para el Plan 997 y cuatro para el Plan 998, con distintas anchuras de US0 para incluir servicios subyacentes (POTS/RDSI)²².

Las bandas están distribuidas de acuerdo a la Figura 1.11.

²² Se definen tres modelos de aplicación en la recomendación G.993.2: solamente servicios de transmisión de datos; solamente servicios de transmisión de datos con servicio POTS subyacente; servicios de transmisión de datos con servicio RDSI (red digital de servicios integrados) subyacente. El término subyacente indica que se ubican antes de US0.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

Plan de bandas	Frecuencias en los extremos de la banda						
	f _{0L} kHz	f _{0H} kHz	f ₁ kHz	f ₂ kHz	f ₃ kHz	f ₄ kHz	f ₅ kHz
997	25	138	138	3000	5100	7050	12000
	25	276	276				
998	25	138	138	3750	5200	8500	12000
	25	276	276				
	120	276	276				
	N/A*	N/A*	138				

* N/A indica una variación en el Plan de Bandas que no utiliza US0

Tabla 1.7 Planes de bandas VDSL2 para Europa hasta 12 MHz

Al igual que con el plan para Norte América pueden existir varios perfiles diferentes. En la Tabla 1.8 se presentan los perfiles posibles para los Planes 998 y 997, no necesariamente coinciden con los referenciales de la Tabla 1.7.

Parámetros	Perfiles (Plan 998)		Perfiles (Plan 997)		
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)
Frecuencia en el borde de la banda superior de la subportadora de datos más alta en sentido descendente (DS) en MHz.	8,5	8,5	7,05	7,05	7,05
Frecuencia en el borde de la banda superior de la subportadora de datos más alta en sentido ascendente (US) en MHz.	5,2	12	8,832	5,1	12

Tabla 1.8 Perfiles de VDSL2 para Europa hasta 12 MHz

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

1.6.2.2.3 Plan de bandas por debajo de 12 MHz para Japón

En la Figura 1.13 se muestra el plan de bandas para Japón hasta 12 MHz y al que se puede ajustar los perfiles de la Tabla 1.9. El empleo de US0 se encuentra en estudio.



Figura 1.13 Plan de bandas de VDSL2 en la gama de frecuencias hasta 12 MHz para la Región de Japón

Parámetros	Perfiles	
	(I)	(II)
Frecuencia en el borde de la banda superior de la subportadora de datos más alta en sentido descendente (DS) en MHz.	8,5	8,5
Frecuencia en el borde de la banda superior de la subportadora de datos más alta en sentido ascendente (US) en MHz.	5,2	12

Tabla 1.9 Perfiles de VDSL2 para la Región de Japón hasta 12 MHz

1.6.2.3 Plan de bandas por encima de los 12 MHz

Para las diferentes regiones se tiene un plan de bandas por encima de 12 MHz, esto se consigue agregando como mínimo una banda extra en sentido descendente, aunque también se puede añadir otra más en sentido ascendente, de manera que la gama de frecuencias se amplía hasta los 30 MHz, siendo ésta la máxima frecuencia que puede alcanzar una subportadora en la tecnología VDSL2.

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

El estándar UIT-T G.993.2 establece con claridad un plan de bandas por encima de 12MHz para la región de Japón que se muestra en la Figura 1.14 y se puede ajustar a los perfiles de la Tabla 1.10.

Como se mencionó anteriormente la banda US0 se encuentra en estudio.

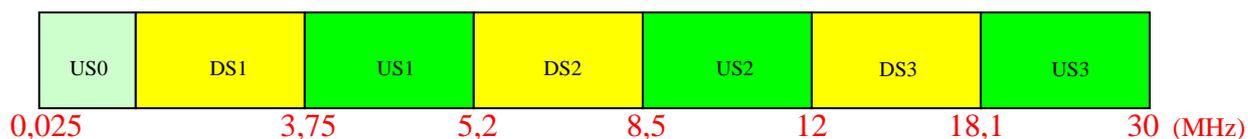


Figura 1.14 Plan de bandas de VDSL2 en la gama de frecuencias por encima de 12 MHz para la Región de Japón

Parámetros	Perfiles	
	(I)	(II)
Frecuencia en el borde de la banda superior de la subportadora de datos más alta en sentido descendente (DS) en MHz.	17,664	18,1
Frecuencia en el borde de la banda superior de la subportadora de datos más alta en sentido ascendente (US) en MHz.	12	30

Tabla 1.10 Perfiles de VDSL2 para la Región de Japón por encima de 12 MHz

1.6.3 VENTAJAS DE VDSL2 SOBRE SUS TECNOLOGÍAS ANTECESORAS: VDSL Y ADSL

A continuación se resumen algunas de las más importantes ventajas que tiene VDSL2 sobre tecnologías anteriores.

Una ventaja importante es que VDSL2 alcanza velocidades más altas que las tecnologías xDSL que la antecedieron. Como se indicó anteriormente puede alcanzar velocidades de 100 Mbps en cada dirección, permitiendo al usuario acceder a aplicaciones que requieren un gran ancho de banda como es *Triple*

CAPÍTULO 1 - Introducción a las tecnologías FTTB y VDSL2

Play. Para poder ofrecer mayor velocidad, incrementó el espectro que con VDSL2 va desde 25 kHz - 30 MHz, en relación a los 135 kHz - 12 MHz que tenía VDSL.

VDSL2 puede emplear infraestructura ya instalada e implementarse desde centrales existentes o desde cajetines de fibra óptica cercanos al lugar donde se encuentra el abonado.

VDSL2 disminuye los inconvenientes de interoperabilidad de VDSL debido a que la estandarización tardía de ésta última dio origen a algunas implementaciones propietarias.

Cuenta con mecanismos para detección y diagnóstico de fallas, puede cuantificar: ruido en la línea, relación señal a ruido, atenuación, entre otras, permitiendo prevenir o reparar daños ocurridos.

CAPÍTULO 2

TIPOS DE MULTIPLEXACIÓN PARA LA TECNOLOGÍA VDSL2 CON FTTB

CAPÍTULO 2

TIPOS DE MULTIPLEXACIÓN PARA LA TECNOLOGÍA VDSL2 CON FTTB

Este Capítulo tratará en términos generales los tipos de multiplexación así como conceptos relacionados que intervienen en las tecnologías VDSL2 o FTTB, sin dejar de lado lo referente a las principales técnicas de control de acceso al medio en redes ópticas pasivas en las cuales se sustenta FTTB.

2.1 MULTIPLEXACIÓN²³

Se entiende por multiplexación el combinar varios canales de comunicación en el mismo medio de transmisión. La multiplexación se logra con equipos denominados multiplexores que son los encargados de enviar por un mismo medio de transmisión varios canales de comunicación que llegan a él. El proceso inverso es la demultiplexación en el que interviene un equipo llamado demultiplexor que separa todos los canales que vienen por un mismo medio de transmisión.

Es importante señalar que un concepto similar a la multiplexación es el control de acceso al medio, que son mecanismos o protocolos utilizados por dispositivos de una red para compartir un mismo medio de transmisión, dicho medio de transmisión puede ser guiado (UTP, STP, fibra óptica, etc.) o no guiado (aire, vacío, etc). En el presente trabajo se utilizan medios de transmisión guiados como

²³ - Huidobro José, Roldán David. *Redes y servicios de banda ancha. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.*
- Martínez Jorge. *Redes de comunicaciones. Segunda edición, Universitat Politècnica de Valencia, 2004.*
- Tomasi Wayne. *Sistemas de comunicaciones electrónicas. Cuarta edición, Prentice Hall, 2003.*

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

son por ejemplo los cables de cobre y fibra óptica; los no guiados se utilizan en comunicaciones inalámbricas.

Los principales tipos de multiplexación son los que se mencionan a continuación:

- TDM (multiplexación por división de tiempo).
- FDM (multiplexación por división de frecuencia).
- WDM (multiplexación por división de longitud de onda).
 - o DWDM (multiplexación por división de longitud de onda densa).
 - o CWDM (multiplexación por división de longitud de onda gruesa).
- Multiplexado SONET.

Las técnicas de acceso al medio utilizadas en algunas redes ópticas pasivas se describen más adelante.

2.1.1 TDM (MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO)

Este tipo de multiplexación es una de las más utilizadas hoy en día, en especial en sistemas digitales. Cada medio de transmisión tiene un ancho de banda determinado (dentro del cual los datos se transmiten sin distorsión) y para TDM es asignado a cada canal por cierto intervalo de tiempo, en otras palabras cada mensaje se divide en ranuras de tiempo.

En la Figura 2.1 podemos apreciar en forma gráfica la multiplexación por división de tiempo, para este caso en particular se tienen tres señales diferentes que llegan al multiplexor y es allí donde se realiza la multiplexación para ser enviadas por un mismo medio de transmisión. Cabe indicar que cada señal multiplexada

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

tiene un pequeño espacio de tiempo en el que transmite, a dicho tiempo que se le asigna se le conoce con el nombre de *slot*.

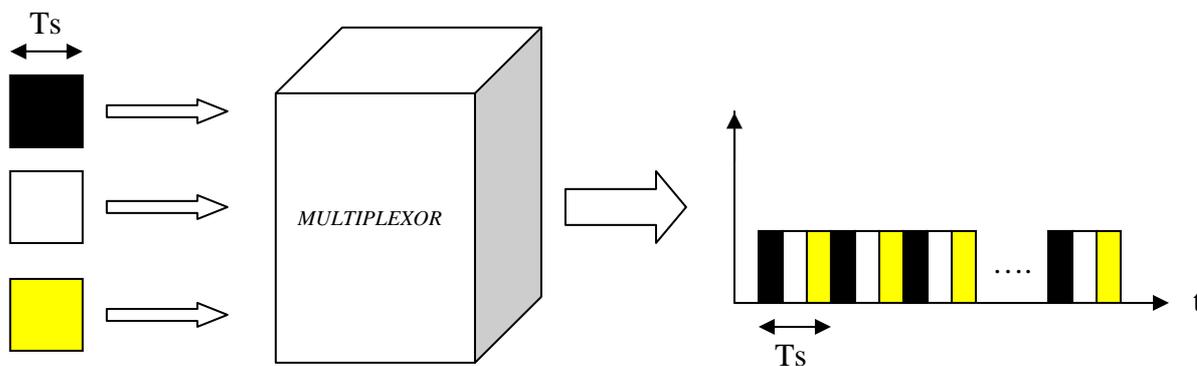


Figura 2.1 Multiplexación por división de tiempo

Este tipo de multiplexación es empleada para transmisiones digitales o analógicas.

La modulación más utilizada en la multiplexación por división de tiempo es PCM (modulación por código de pulso). Los sistemas que utilizan PCM-TDM muestrean los canales de voz, que pueden ser dos o más, se convierten a códigos PCM y se procede a la multiplexación TDM para transmitir por un solo medio que podría ser metálico o de fibra óptica.

2.1.1.1 PDH (jerarquía digital plesiócrona)

PDH son las siglas de *Plesiochronous Digital Hierarchy*, esta técnica hace posible enviar varios canales telefónicos sobre el mismo medio de transmisión que puede ser guiado o no guiado.

PDH transmite flujos de datos que teóricamente están funcionando a la misma velocidad, pero permite una ligera variación.

PDH está basado en canales de 64 kbps.

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

A nivel mundial PDH tiene algunas jerarquías divididas en niveles que van desde el uno hasta el cinco.

A continuación se resume las principales características de las más importantes jerarquías a nivel mundial.

2.1.1.1.1 Jerarquía americana T1

La jerarquía americana T1 está descrita en la norma G.733 de la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector Normalización de Telecomunicaciones).

El tamaño de la trama T1 es de 125 μ s y contiene 24 canales para datos más un bit de señalización para alineación de trama.

En la Figura 2.2 se muestra como está constituida una trama T1.

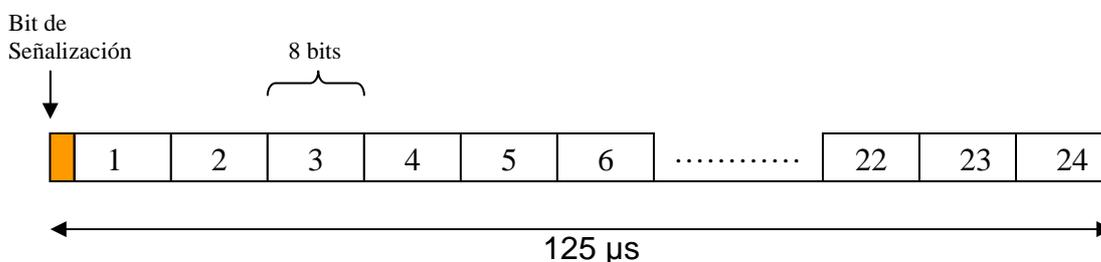


Figura 2.2 Trama T1

La velocidad de transmisión para un T1 se puede deducir en función del número total de bits por trama y del tiempo de duración de la misma, como se muestra a continuación:

$$V_t = \frac{(24 \cdot 8 + 1) \text{ bits}}{125 \mu\text{s}} = 1,544 \text{ Mbps}$$

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

2.1.1.1.2 Jerarquía europea E1

La jerarquía europea E1 está descrita en la norma G.732 de la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector Normalización de Telecomunicaciones).

La duración de la trama E1 al igual que la anteriormente descrita (T1) también es de 125 μ s, pero contiene 32 canales (30 para datos, 1 para alineación de trama y alarmas y 1 para señalización).

En la Figura 2.3 se muestra como está constituida una trama E1.

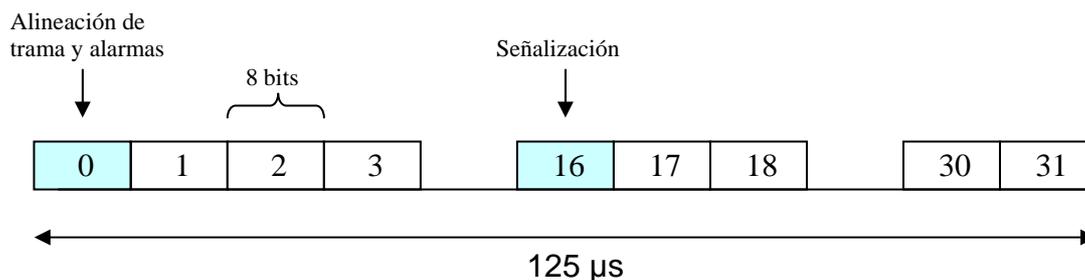


Figura 2.3 Trama E1

La velocidad de transmisión para un E1 se puede deducir en función del número total de bits por trama y del tiempo de duración de la misma, como se muestra a continuación:

$$V_t = \frac{(30+1+1)*8bits}{125\mu s} = 2.048Mbps$$

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

2.1.1.2 SDH (jerarquía digital sincrónica)

SDH son las siglas de *Synchronous Digital Hierarchy*, esta técnica de multiplexación se diferencia con PDH, descrita anteriormente, en que presenta un entrelazado sincrónico de octetos. Es más moderna y corrige inconvenientes de PDH que es su antecesora.

Este tipo de multiplexación es bastante utilizado con fibra óptica debido al gran ancho de banda que soporta. SDH permite transportar digitalmente todo tipo de información.

STM-1 (*Synchronous Transport Module level 1*) o módulo de transporte síncrono es la trama básica en SDH.

2.1.1.2.1 Estructura de una trama STM-1

STM-1 tiene una duración de 125 μ s, tiene una estructura matricial en dos dimensiones (9 filas y 270 columnas), en cada posición hay un byte, es decir la trama está constituida por 2430 bytes en total.

La información de gestión se distribuye en las 9 columnas primeras y consta de tres campos. La carga útil se encuentra en el resto de columnas, es decir, desde la 10 a la 270.

El sentido de transmisión para STM-1 es de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. La velocidad de transmisión puede deducirse de la siguiente manera teniendo en cuenta que la trama se transmite 8000 veces por segundo:

$$8000 * 270 \text{ bytes} * 8 \text{ bits} * 9 \text{ filas} = 155,52 \text{ Mbps}$$

A continuación se presenta gráficamente la trama STM-1 en la Figura 2.4 Cabe señalar que no se encuentra a escala.

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

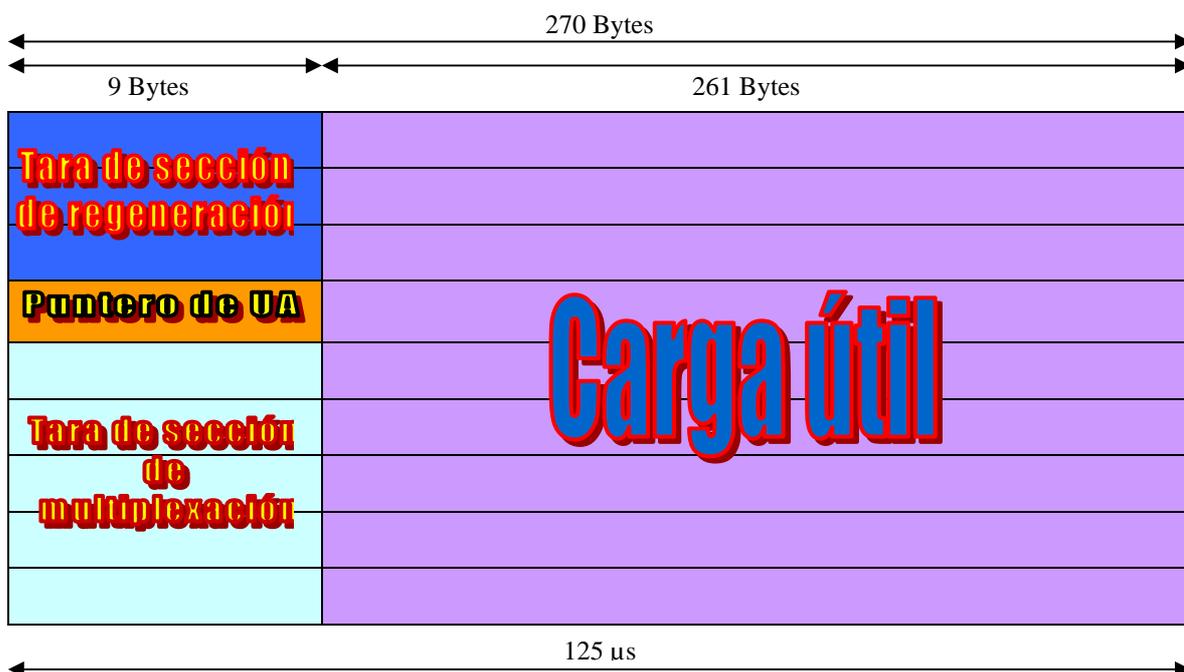


Figura 2.4 Trama STM-1

Existen otros niveles superiores como STM-4, STM-16, STM-64, STM-256 formados al multiplexar a nivel de byte algunas estructuras STM-1 y se muestra con mayor detalle en la Tabla 2.1

Señal	Velocidad binaria (Mbps)
STM-N	$N \cdot 155,52$
STM-4	$4 \cdot 155,52 = 622,08$
STM-16	$16 \cdot 155,52 = 2488,32$
STM-64	$64 \cdot 155,52 = 9953,28$
STM-256	$256 \cdot 155,52 = 39813,12$

Tabla 2.1 Señales y velocidad en SDH

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

2.1.2 Multiplexado SONET

El estándar SONET, de las siglas *Synchronous Optical Network*, fue creado para el transporte de información digital utilizando fibra óptica en Estados Unidos por ECSA (*Exchange Carriers Standard Association*), posteriormente fue aceptado por la CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico) que es el antecesor de lo que hoy se conoce como el Sector de Normalización de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que se describe en el Capítulo 3.

SONET fue el punto de partida de la jerarquía digital sincrónica (SDH). En la actualidad es aplicaba básicamente en Estados Unidos y Canadá en tanto SDH es utilizado en todo el mundo.

La multiplexación se realiza por interpolación de bytes. La señal básica en SONET se llama señal de nivel 1 o STS-1 (*Synchronous Transport Signal level 1*).

Consta de 810 bytes repartidos en 9 filas cada una de 90 bytes y se transmite en 125 μ s.

2.1.2.1 Estructura de una trama STS-1

Consta de 810 bytes repartidos en 9 filas cada una de 90 bytes (90 columnas) y se transmite en 125 μ s. La velocidad binaria está dada según se indica a continuación:

$$V_t = \frac{810\text{Bytes} * 8\text{bits/Byte}}{125\mu\text{s}} = 51,84 \text{ Mbps}$$

La estructura de la trama STS-1 se muestra en la Figura 2.5 a continuación. La gráfica no está a escala.

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

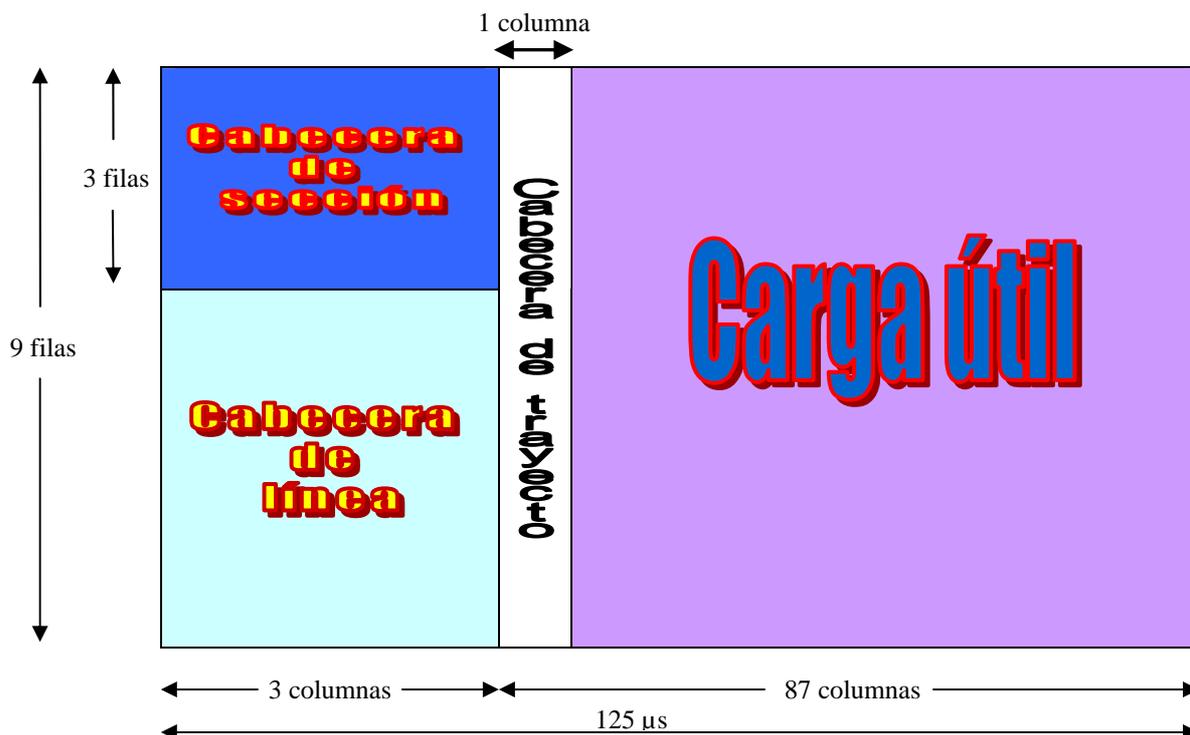


Figura 2.5 Trama STS-1

Al multiplexar señales básicas STS-1 se puede obtener señales de niveles más altos como se indica en la Tabla 2.2.

Señal	Velocidad binaria (Mbps)
STS-1	51,84
STS-3	155,52
STS-9	466,56
STS-12	622,08
STS-18	933,12
STS-24	1244,16
STS-36	1866,24
STS-48	2488,32
STS-96	4976,64
STS-192	9953,28
STS-256	13271,04
STS-384	19906,56
STS-768	39813,12
STS-1536	79626,24
STS-3072	159252,48

Tabla 2.2 Señales y velocidades en SONET

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

2.1.3 FDM (MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA)

Este tipo de multiplexación en frecuencia se emplea principalmente en sistemas de transmisión analógicos.

Si varias fuentes ocupan el mismo espectro de frecuencias, con la multiplexación por división de frecuencia se pasa cada una de ellas a una banda de frecuencia diferente y de esta manera es posible transmitir las en forma simultánea por el mismo medio de transmisión.

En la Figura 2.6 podemos apreciar en forma gráfica la multiplexación por división de frecuencia. Tres frecuencias que originalmente se interfieren entre sí, pues ocupan el mismo espectro de frecuencias son trasladadas a bandas de frecuencias diferentes.

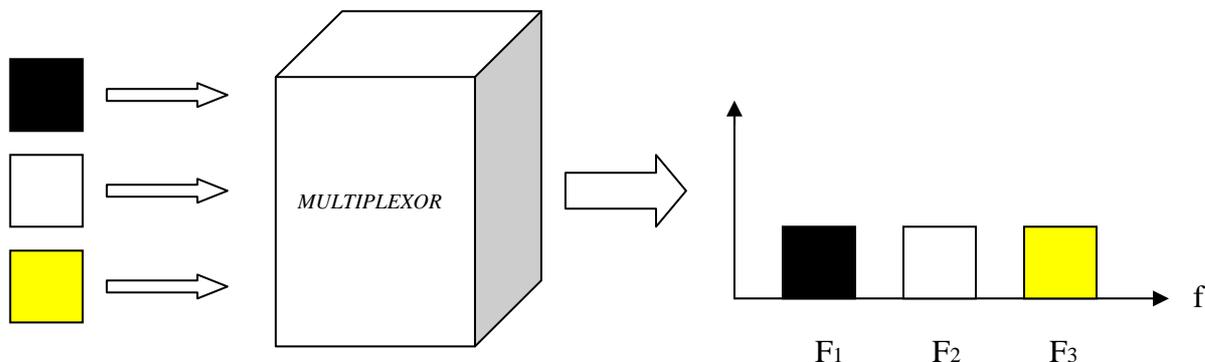


Figura 2.6 Multiplexación por división de frecuencia

Una variante de FDM se utiliza con fibra óptica como medio de transmisión, este tipo de multiplexación es WDM.

2.1.4 WDM (MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA)

Esta multiplexación es utilizada sobre fibras ópticas. Se tienen diferentes portadoras cada una con una longitud de onda diferente.

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

En WDM se utiliza el término de portadora óptica mientras en FDM el de portadora de radiofrecuencia.

Con este tipo de multiplexación es posible enviar varias longitudes de onda diferentes. Las bandas espectrales más utilizadas por WDM son 1300 y 1550 nm, es decir, utiliza infrarrojos. De esta manera podemos tener transmisiones de varias señales diferentes de forma simultánea.

Es importante tener en cuenta que para evitar la interferencia intercanal cada señal debe tener un adecuado espaciamiento (entre una longitud de onda y otra).

En la Figura 2.7 se puede apreciar de forma gráfica el proceso de multiplexación en WDM y su correspondiente demultiplexación.

Hay dos familias o variantes de la multiplexación por división de longitud de onda: DWDM (multiplexación por división de longitud de onda densa) y CWDM (multiplexación por división de longitud de onda gruesa).

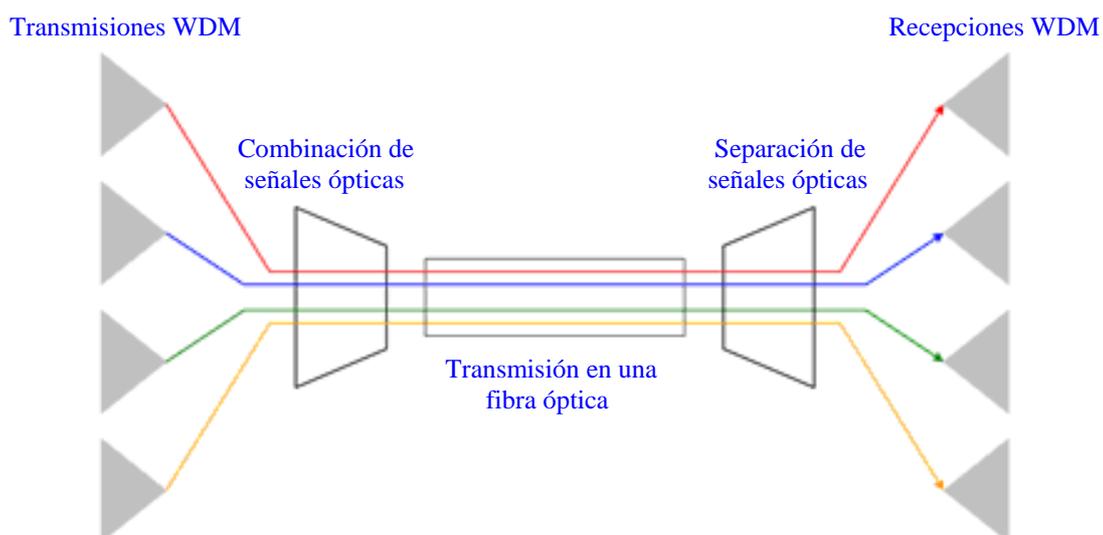


Figura 2.7 Multiplexación por división de longitud de onda

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

En general los sistemas WDM están formados por los siguientes componentes:

- Transmisores.
- Receptores.
- Multiplexores.
- Demultiplexores.
- Amplificadores ópticos (de ser necesarios).

2.1.4.1 DWDM (multiplexación por división de longitud de onda densa)

La multiplexación DWDM permite utilizar muchas longitudes de onda distintas en una fibra óptica. Los sistemas más comunes en multiplexación por división de longitud de onda densa son aquellos que como máximo utilizan entre 36 y 40 longitudes de onda aunque dicho número puede ser mayor llegando hasta 160 longitudes de onda por hilo de fibra, cada canal puede llegar a 40 Gbps, de esta manera es posible transmitir hasta 6,4 Tbps. El espaciamiento entre frecuencias puede ser de 100 Ghz, 50 GHz o 25 GHz.

La principal desventaja de DWDM radica en el alto costo de los equipos.

A DWDM podemos dividirla en tres tipos de acuerdo a la distancia:

- DWDM de ultra larga distancia.
 - DWDM de larga distancia.
 - DWDM metropolitana.
-

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

2.1.4.1.1 DWDM de ultra larga distancia

DWDM de ultra larga distancia puede llegar sin regeneración de señal a distancias de 4000 km aproximadamente. Como se indicó anteriormente se puede tener hasta 160 canales por un mismo hilo, cada uno puede llegar a 40 Gbps.

2.1.4.1.2 DWDM de larga distancia

DWDM de larga distancia puede llegar sin regeneración de señal a unos 800 km. Al igual que en DWDM de ultra larga distancia cada canal también puede transmitir a 40 Gbps.

2.1.4.1.3 DWDM metropolitana

DWDM metropolitana puede alcanzar sin regeneración de señal distancias de alrededor de 300 km. En estos sistemas se puede tener hasta 40 canales cada uno de hasta 10 Gbps.

2.1.4.2 CWDM (multiplexación por división de longitud de onda gruesa)

Con CWDM se puede tener hasta 40 canales simultáneos sobre la misma fibra, cada uno puede llegar hasta los 2,5 Gbps. Cada frecuencia está separada una de otra 2500 GHz.

Se puede alcanzar los 80 km.

La principal ventaja de CWDM con relación a DWDM es que necesita una menor inversión por concepto de costo en equipos.

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

2.2 PRINCIPALES TÉCNICAS PARA CONTROL DE ACCESO AL MEDIO EN FTTB²⁴

El control de acceso al medio es la técnica por la cual varios dispositivos de una red se ponen de acuerdo para compartir un mismo medio de transmisión.

FTTB puede utilizar diferentes técnicas para control de acceso al medio dependiendo de la tecnología de nivel 2, principalmente ATM y Ethernet, las mismas que definen el tipo de red óptica pasiva.

A continuación se explica TDMA (acceso múltiple por división de tiempo) muy utilizado en redes del tipo PON. También se describe más adelante el control de acceso al medio para redes ópticas pasivas del tipo APON y EPON.

2.2.1 TDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO)

El acceso múltiple por división de tiempo, también llamado multi acceso por división de tiempo, es una de las principales estrategias o técnicas para compartir un canal de comunicaciones.

El concepto de TDMA es muy similar a TDM.

En TDMA el tiempo de acceso al canal se divide en intervalos más pequeños llamados ranuras o *slots*, a cada usuario se le asigna una ranura, todo el ancho de banda del canal es utilizado en el tiempo que dura ese *slot*.

A nivel mundial, TDMA es una de las técnicas para acceso al medio más utilizadas en sistemas digitales.

²⁴ - España Boquera María del Carmen. *Servicios avanzados de telecomunicación*. Ediciones Díaz de Santos, 2003.
- Huidobro José, Roldán David. *Redes y servicios de banda ancha*. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

Las ranuras que no son utilizadas pueden ser asignadas a otros usuarios.

2.2.2 CONTROL DE ACCESO AL MEDIO EN ATM PON (APON)

El control de acceso al medio en APON es distinto para la transmisión ascendente y descendente.

A continuación se describen las estrategias de acceso al medio en APON para transmisiones descendentes y ascendentes.

2.2.2.1 Control de acceso al medio para APON en sentido descendente

La información en sentido descendente o de bajada es enviada por el OLT a todos los ONT que al identificar la cabecera de celda ATM desechan aquellas que no son enviadas hacia ellos y dejan pasar únicamente la información que va dirigida a ellos como se puede visualizar en la Figura 2.8.

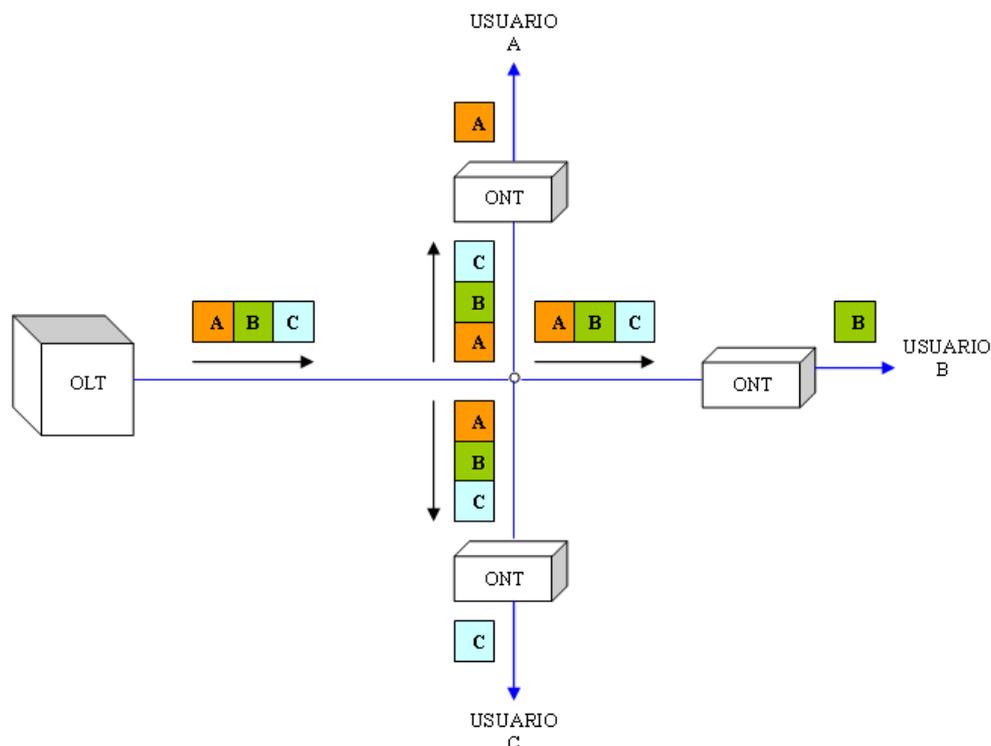


Figura 2.8 Control de acceso al medio en sentido descendente para APON

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

2.2.2.2 Control de acceso al medio para APON en sentido ascendente

En este caso se utiliza un acceso TDMA (acceso múltiple por división de tiempo). Cada OLT tiene un receptor de ráfagas. Los ONT tienen un *slot* de tiempo para poder transmitir luego del cual deberán esperar su turno nuevamente. Los ONT deben estar sincronizados entre si para utilizar TDMA.

En la Figura 2.9 se puede visualizar la forma de acceso al medio en sentido descendente para APON.

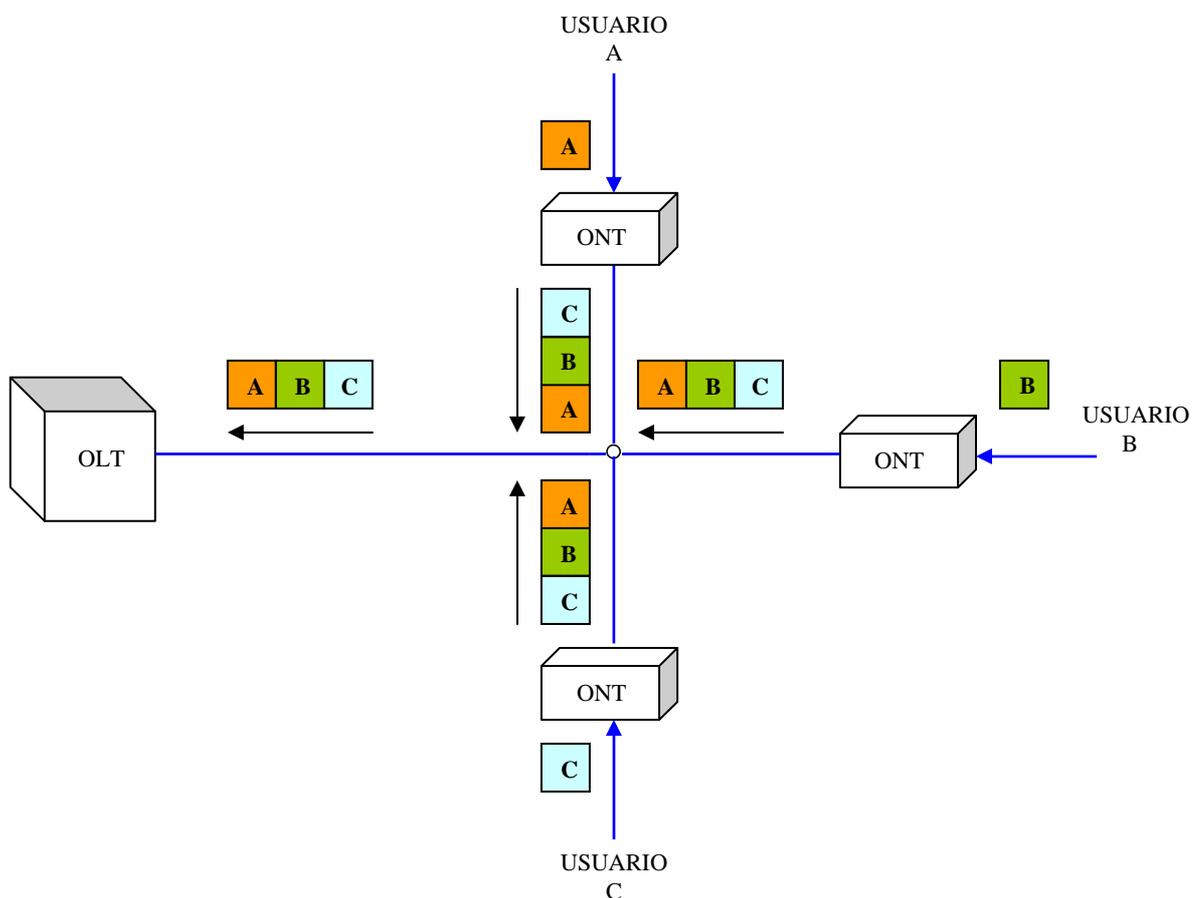


Figura 2.9 Control de acceso al medio en sentido ascendente para APON

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

2.2.3 CONTROL DE ACCESO AL MEDIO EN ETHERNET PON (EPON)

Esta tecnología tiene una topología punto multipunto implementada por divisores ópticos a nivel físico.

EPON utiliza el protocolo MPCP (*Multi-Point Control Protocol*) que está definida como una función del nivel MAC. Dicho protocolo es el encargado del control de acceso para topologías punto multipunto.

Cada ONT ejecuta una instancia MPCP que se comunica con la presente en el OLT. La forma básica del funcionamiento de MPCP radica en que los niveles superiores consideren los enlaces multipunto como una colección de enlaces punto a punto.

2.2.3.1 Control de acceso al medio para EPON en sentido descendente

En este caso se transmiten todos los paquetes a todos los ONT, independientemente si es tráfico *broadcast*, *multicast* o la transmisión va dirigida hacia alguno en particular; es en el repartidor donde el tráfico se divide en flujos independientes con la misma información. Cada ONT acepta los que van destinados a él y rechaza los restantes.

En la Figura 2.10 se puede ver la organización del canal descendente empleado para control de acceso al medio en EPON.

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

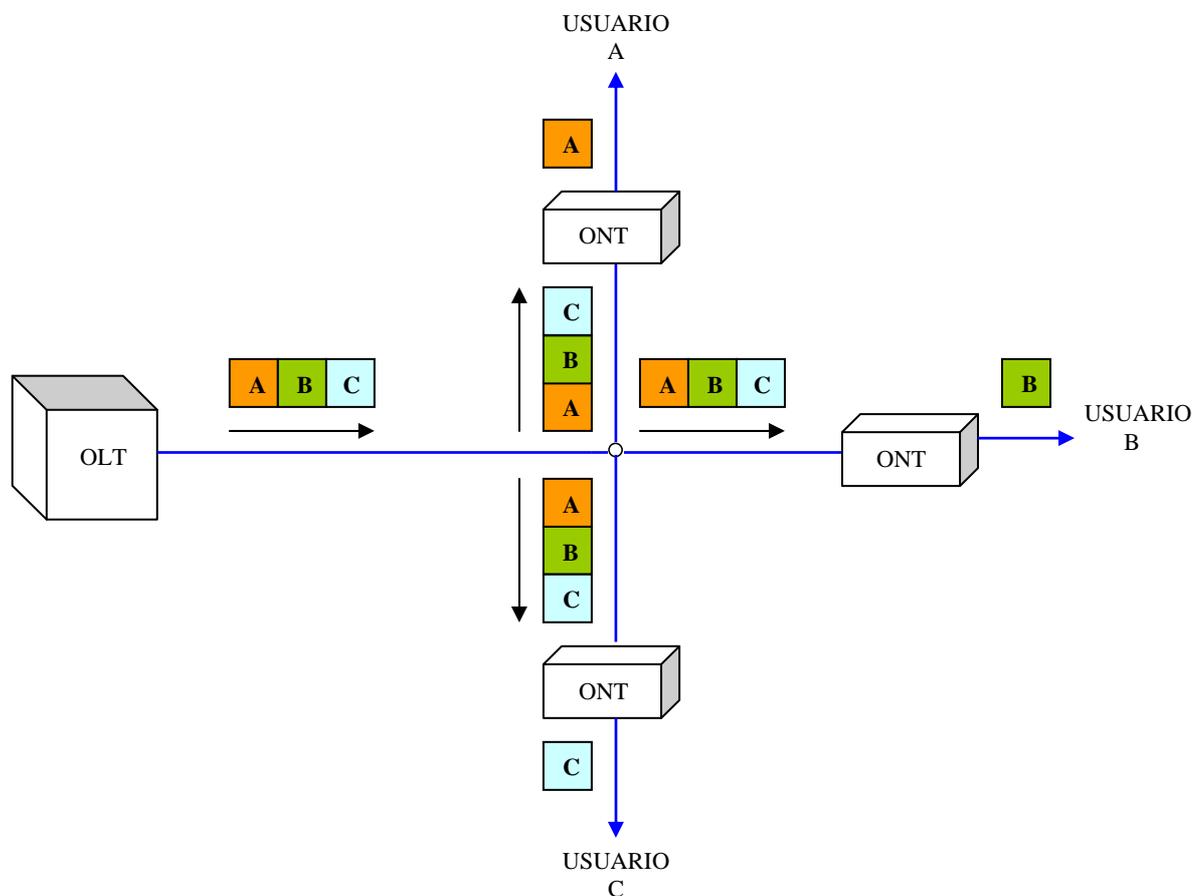


Figura 2.10 Control de acceso al medio en sentido descendente para EPON

2.2.3.2 Control de acceso al medio para EPON en sentido ascendente

En el canal ascendente se multiplexa el tráfico mediante TDM, de manera que a cada ONT le corresponde una ranura de tiempo específica, la misma que debe sincronizarse con el objeto de que no interfieran entre si las informaciones de los diferentes ONT.

En la Figura 2.11 se puede apreciar el control de acceso al medio para redes ópticas pasivas del tipo EPON.

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

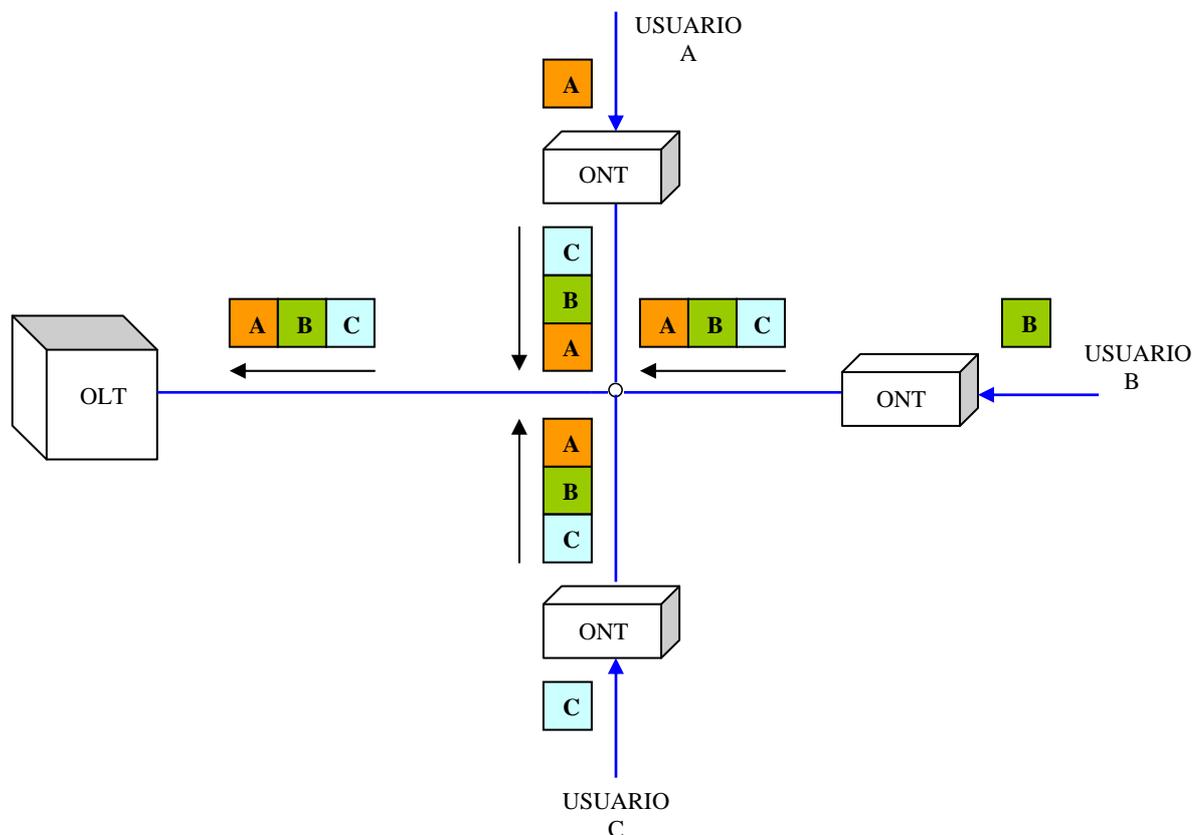


Figura 2.11 Control de acceso al medio en sentido ascendente para EPON

2.3 PRINCIPALES TIPOS DE MODULACIONES EN TÉCNOLOGÍAS xDSL²⁵

Si bien es cierto, multiplexación y modulación son conceptos diferentes, se debe mencionar ambos, pues en muchas ocasiones se los emplea en conjunto para la transmisión de información, razón por la cual se incluye la modulación en este Capítulo.

²⁵ - Huidobro José, Roldán David. *Redes y servicios de banda ancha. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.*
 - Tomasi Wayne. *Sistemas de comunicaciones electrónicas. Cuarta edición, Prentice Hall, 2003.*

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

Cuando se habla de códigos de línea se hace referencia a la modulación en banda base para transporte digital de datos.

Las tecnologías xDSL en la actualidad utilizan 3 técnicas de modulación que se mencionan y describen a continuación:

- 2B1Q

- CAP

- DMT

VDSL2 utiliza las dos últimas, siendo DMT la que tiene mayor aceptación.

2.3.1 2B1Q

En tecnologías xDSL, este código de línea se utiliza únicamente en IDSL. Consiste en que un pulso de señal es transmitido para representar una secuencia de dos bits, cada pulso puede tener uno de cuatro valores posibles.

2.3.2 CAP

La modulación CAP (*Carrierless Amplitude and Phase*), fue implementada por Globespan Semiconductor. Aparentemente hay una contradicción puesto que este tipo de modulación indica “*carrierless*” (sin portadora), sin embargo, se impone una portadora por la banda transmisora formando un filtro por medio del cual los símbolos que se encuentran fuera de los límites son filtrados. Algorítmicamente es igual a QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*).

El receptor de QAM requiere de una señal entrante que posea la misma relación entre espectro y fase que la señal transmitida. Esta calidad en la recepción no es garantizada por las líneas telefónicas instaladas, de esta manera, una

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

implementación QAM para el uso de tecnologías xDSL debe incorporar ecualizadores adaptativos que puedan medir las características de la línea y compensar la distorsión introducida en el medio de transmisión, es decir en el par trenzado.

Con CAP, la señal modulada es dividida en segmentos que posteriormente almacena en la memoria. Se elimina la señal portadora, debido a que no aporta ninguna información, es por esto que se denomina “*carrierless*”. La onda transmitida es la generada al pasar por dos filtros digitales transversales con igual amplitud, pero con una diferencia de fase de $\pi/2$. Se reemplazan los segmentos y la portadora en recepción, de esta manera se vuelve a tener la señal modulada. Así se obtiene la misma forma del espectro que con QAM, pero CAP es más eficiente en implementaciones digitales.

2.3.3 DMT (MULTITONO DISCRETO)

La tecnología VDSL2 utiliza principalmente la modulación DMT y es esta la que aparentemente se impondría en el mercado.

Es un sistema multiportadora, es decir, divide el espectro disponible en bandas de frecuencia o canales. Las portadoras, también llamadas subportadoras, tienen frecuencias diferentes. ADSL utiliza 256 portadoras, mientras VDSL2 puede llegar a un máximo de 4096.

Para ADSL y VDSL cada canal (subportadora) tiene 4,3125 kHz; para VDSL2 se cumple lo anterior siempre que su frecuencia máxima esté por debajo de 30 MHz, pero si VDSL2 ocupa los 30 MHz de ancho de banda, cada canal tendrá 8,625 kHz.

Los canales del 0 al 5 son empleados para telefonía analógica, también existen canales que son utilizados para señales de control de flujo, el resto son destinados para datos de usuarios.

CAPÍTULO 2 – Tipos de multiplexación para la tecnología VDSL2 con FTTB

Al dividir el espectro de frecuencias en varios canales DMT se consigue que funcione mejor el sistema ante la presencia de fuentes de interferencia, como por ejemplo, los transmisores de radio AM.

La ventaja de DMT es que está estandarizada por la UIT, ANSI y ETSI.

CAPÍTULO 3

MARCO REGULATORIO NACIONAL EN RELACIÓN CON ESTAS TECNOLOGÍAS

CAPÍTULO 3

MARCO REGULATORIO NACIONAL EN RELACIÓN CON ESTAS TECNOLOGÍAS

En el presente Capítulo se describen los principales entes regulatorios de las telecomunicaciones en el Ecuador y a nivel mundial.

Se presentan las principales normas constitucionales que tienen alguna relación con estas tecnologías, también se realiza una descripción de los tipos de servicios que pueden brindar y la regulación sobre homologación de equipos, todo esto bajo la óptica de la normativa vigente en el país.

Se menciona la normativa técnica o recomendaciones para FTTB y VDSL2.

3.1 INTRODUCCIÓN²⁶

Un marco regulatorio es un conjunto de normas o reglas para controlar, regular o normar un determinado campo o área.

Para analizar o proponer un marco regulatorio se debe tener en cuenta primero la Pirámide de Kelsen, Figura 3.1. Hans Kelsen fue un jurista austríaco, nacido en 1881. En su pirámide presenta la supremacía jerárquica en un marco legal aplicada para una determinada nación.

En Ecuador se debe tomar en cuenta a la Pirámide de Kelsen dentro del marco legal o jurídico.

²⁶ - Ansuátegui Roig Francisco Javier. *Poder, ordenamiento jurídico, derechos*. Primera edición, editorial Dykinson, 2000.

- Aulestia Hugo. *Marco regulatorio de las telecomunicaciones*. EPN, 2005.

- www.conatel.gov.ec

- www.derechoecuador.com

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

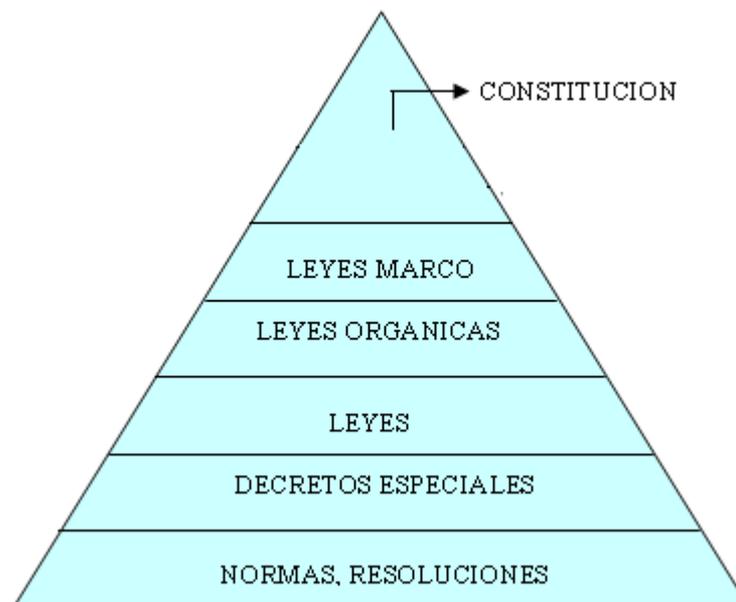


Figura 3.1 Pirámide de Kelsen

Como se puede ver en la Figura 3.1 en el nivel superior se tiene la Constitución, la cual en caso de controversia o contradicción con Leyes, Decretos, Reglamentos, Normas, etc. está por encima de ellos, es decir, tiene la jerarquía más alta; le siguen las Leyes Marco, Leyes Orgánicas y Leyes en general, en ese orden, seguidas de los Decretos Especiales expedidos por el Poder Ejecutivo y tienen la misma jerarquía que las Leyes. En el nivel inferior de la pirámide se encuentran los Reglamentos, Normas, Resoluciones, Conceptos, Circulares, que pueden ser expedidos por ciertos organismos que se detallarán posteriormente y tienen un carácter de cumplimiento obligatorio. Cabe mencionar que todas las disposiciones supranacionales²⁷ son de cumplimiento obligatorio.

Por lo indicado en los párrafos anteriores, se debe tener presente que un marco regulatorio no debe tener ambigüedades, así como no entrar en contradicciones con los niveles jerárquicos superiores, como son la Constitución, Decretos y las Leyes de la República. Cabe indicar que la instancia suprema en el país actualmente es la Constitución de la República promulgada en el Registro Oficial

²⁷ En las disposiciones supranacionales se encuentran los convenios y tratados internacionales de los cuales un país forma parte.

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

el 20 de octubre de 2008. El Registro Oficial tiene como misión la publicación de leyes, decretos, acuerdos, resoluciones, ordenanzas, etc. y en general otros actos normativos que merezcan ser conocidos por la nación, los cuales son espedidos por las entidades u organismos del Estado competentes. Cualquier publicación en el Registro Oficial es mandatario en su cumplimiento inmediato tanto para personas naturales como jurídicas.

Actualmente en el ámbito de las telecomunicaciones en el Ecuador se encuentra en vigencia la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, aprobada por el Congreso Nacional.

El ente encargado de elaborar o reformar en el país las Leyes es la Asamblea Nacional, antiguamente Congreso Nacional, en donde se reformó la Ley de Telecomunicaciones básicamente en el año 1995, aunque contiene también reformas posteriores.

Antes de realizar una descripción del marco regulatorio relacionado con estas tecnologías es importante conocer los principales entes u organismos internacionales y nacionales en el sector de las telecomunicaciones que se describen a continuación.

3.2 PRINCIPALES ORGANISMOS INTERNACIONALES DE TELECOMUNICACIONES²⁸

Los principales organismos internacionales de telecomunicaciones son: Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT o ITU), Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL), Comité Andino de Autoridades de Telecomunicaciones (CAATEL).

²⁸ - Aulestia Hugo. *Marco regulatorio de las telecomunicaciones*. EPN, 2005.

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

3.2.1 UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT)

La UIT o ITU (siglas en inglés) con sede en Ginebra (Suiza), es la entidad perteneciente a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) más importante en lo concerniente a telecomunicaciones. Fundamentalmente tiene tres sectores básicos: Radiocomunicaciones (ITU-R), Normalización (ITU-T) y Desarrollo (ITU-D).

3.2.1.1 Sector de Radiocomunicaciones (ITU-R)

Su principal función es la gestión del espectro de frecuencias radioeléctricas y órbitas satelitales cuya demanda principal se encuentra relacionada principalmente con los servicios de telefonía móviles, radiodifusión, radioaficionados, investigación espacial, telecomunicaciones de emergencia, servicios de meteorología, sistemas de posicionamiento, etc.

3.2.1.2 Sector de Normalización (ITU-T)

En lo concerniente a telecomunicaciones se encarga del estudio de los asuntos: técnicos, de exploración, tarifarios, así como la normalización (recomendaciones) de los mismos.

3.2.1.3 Sector de Desarrollo (ITU-D)

Su finalidad es cooperar con la difusión de postulados en relación con las telecomunicaciones para un acceso equitativo, asequible y sostenible de las mismas para de esta manera promover un mayor desarrollo socio-económico.

3.2.2 COMISIÓN INTERAMERICANA DE TELECOMUNICACIONES (CITEL)

Su objetivo principal es coordinar esfuerzos para desarrollar la Sociedad Global de la Información así como facilitar y promover el desarrollo continuo de las

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

telecomunicaciones a través de los gobiernos y el sector privado. Pertenece a la Organización de Estados Americanos (OEA), está formado por sus países miembros, es decir treinta y cinco y más de dos cientos miembros asociados, es el principal ente de discusión en lo referente a las telecomunicaciones en la región y tiene su sede en Washington DC.

3.2.3 COMITÉ ANDINO DE AUTORIDADES DE TELECOMUNICACIONES (CAATEL)

Creado con la resolución No. VI. 144 en 1991 en la VI Reunión de Ministros de Transportes, Comunicaciones y Obras Públicas de los países miembros del Acuerdo de Cartagena (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia). El CAATEL esta constituido por representantes de los Organismos Nacionales de cada país encargados de normar y administrar las políticas del sector de Telecomunicaciones.

Tiene la responsabilidad de estudiar, analizar, desarrollar y proponer políticas de interconectividad, compatibles y complementarias que se alineen con necesidades y expectativas de los países y de las empresas andinas que se dediquen a la comercialización de las telecomunicaciones.

3.3 ENTES VINCULADOS AL MARCO REGULATORIO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR²⁹

A nivel estatal existen varios entes u organismos vinculados directa o indirectamente con el sector de telecomunicaciones entre los cuales se tiene: Asamblea Nacional, Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), Consejo Nacional de Radio y Televisión (CONARTEL), Secretaría Nacional de

²⁹ - Aulestia Hugo. *Marco regulatorio de las telecomunicaciones*. EPN, 2005.

- www.asambleanacional.gov.ec

- www.conartel.gov.ec

- www.conatel.gov.ec

- www.supertel.gov.ec

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

Telecomunicaciones (SENATEL), Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) y cuyas funciones son: promulgación de reglamentos y normas, control, regulación. El ente capaz de crear o modificar leyes es la Asamblea Nacional. A continuación se describen los campos de acción de cada uno de ellos.

3.3.1 ASAMBLEA NACIONAL

En el Ecuador, la Función Legislativa está ejercida en la Asamblea Nacional, la cual es unicameral y tiene su sede en Quito, aunque no tiene impedimento legal para reunirse en cualquier otro lugar del país.

Las principales funciones de la Asamblea Nacional son la fiscalización, es decir el control de la acción del gobierno y la aprobación o modificación de leyes de interés común para la nación, pudiéndose encontrar entre estas las concernientes al área de telecomunicaciones.

3.3.2 CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONATEL)

Concretamente el Consejo Nacional de Telecomunicaciones es el ente encargado de la administración y regulación de los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador. El CONATEL está domiciliado en Quito.

De acuerdo a la Ley Especial de Telecomunicaciones (que se analizará con mayor detalle posteriormente), el Consejo Nacional de Telecomunicaciones tiene a su cargo la representación del Estado y ejerce en nombre de éste funciones para administrar y regular los servicios de telecomunicaciones a nivel nacional. Es además el administrador de telecomunicaciones en el Ecuador ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

3.3.3 CONSEJO NACIONAL DE RADIO Y TELEVISIÓN (CONARTEL)

El Consejo Nacional de Radio y Televisión es el ente encargado en el Ecuador de regular los servicios de radiodifusión y televisión (radiodifusión AM y FM, televisión abierta, por suscripción y satelital).

El CONARTEL también regularía cualquier tecnología que a futuro se implemente en el país vinculada con la radiodifusión y/o televisión.

Procura que los servicios se presten en óptimas condiciones técnicas así como de prestación de servicios para lo cual emite una normativa acorde para cumplir este fin.

3.3.4 SECRETARIA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (SENATEL)

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones se encarga de ejecutar las políticas de telecomunicaciones en el Ecuador. Está al igual que los anteriores entes domiciliado en Quito. La SENATEL está a cargo del Secretario Nacional de Telecomunicaciones quien es nombrado por el Presidente de la República por un período de 4 años.

El Secretario Nacional de Telecomunicaciones ejerce la representación legal de la SENATEL la misma que tiene como principales competencias: cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL; suscribir los contratos de autorización y/o concesión para uso del espectro radioeléctrico autorizado por el CONATEL; proporcionar la autorización para la interconexión de redes, entre otras.

3.3.5 SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES (SUPERTEL)

La Superintendencia de Telecomunicaciones es un organismo técnico de vigilancia, auditoría, intervención y control de los servicios de telecomunicaciones

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

así como del espectro radioeléctrico, su rango de acción cubre tanto instituciones públicas como privadas de todo el país.

La SUPERTEL puede actuar de oficio o por pedido de cualquier persona natural o jurídica.

3.4 RELACIÓN DE LA CONSTITUCIÓN CON ESTAS TECNOLOGÍAS³⁰

Para analizar un marco regulatorio o legal se debe tener en cuenta lo que dice la Constitución para no incurrir en contradicciones, aunque en ella más se plantean aspectos de carácter filosóficos.

En la Constitución podemos encontrar artículos relacionados o vinculados indirectamente con las tecnologías FTTB y VDSL2 que se procede a describir a continuación:

Art. 15.- “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua”...

Con respecto a este artículo se puede afirmar que tanto FTTB como VDSL2 no contaminan el medio ambiente.

Art. 16.- “Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:”...

2. “El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación”...

³⁰ - Constitución de la República del Ecuador, 2008.
- ITU-T recomendación G.993.2. Febrero 2006.

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

Las tecnologías en cuestión, objeto del presente Capítulo, cumplen con este artículo puesto que las personas pueden tener el derecho a acceder a ellas.

Art. 52.- “Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características”.

VDSL2 implementada mediante una arquitectura FTTB debe cumplir con este artículo es decir debe brindar un servicio de alta calidad.

Art. 277.- “Para la consecución del buen vivir, serán deberes generales del Estado:”...

6. “Promover e impulsar la ciencia, la tecnología, las artes, los saberes ancestrales y en general las actividades de la iniciativa creativa comunitaria, asociativa, cooperativa y privada”.

Con respecto a este artículo de la Constitución, cabe mencionar que la tecnología VDSL2 con FTTB podría ser promovida e impulsada por el Estado dentro del ámbito tecnológico.

3.5 MARCO LEGAL EN EL ECUADOR RESPECTO A ESTAS TECNOLOGÍAS³¹

En el campo tecnológico en el país no existe un marco regulatorio sobre FTTB y VDSL2 en concreto, aunque en términos generales se definen los lineamientos generales dentro del marco jurídico, principalmente en lo referente a los servicios que pueden ofrecer dichas tecnologías, también se describirá lo concerniente a la homologación de equipos.

³¹ - ITU-T recomendación G.993.2. Febrero 2006
- Ley especial de telecomunicaciones reformada, 2000.
- Reglamento general a la ley de telecomunicaciones reformada, 2001.

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

3.5.1 SERVICIOS BRINDADOS MEDIANTE FTTB CON VDSL2

En telecomunicaciones, un servicio, se define como la capacidad de comunicación, ofrecida a través de las distintas redes de telecomunicación para todos aquellos usuarios que precisen de la misma.

Básicamente los servicios que proporcionan estas tecnologías son tres: servicios finales, servicios portadores y servicios de valor agregado.

3.5.1.1 Servicios finales y su normativa en el Ecuador

De conformidad con el artículo 8 de la Ley Especial de Telecomunicaciones: son servicios finales aquellos que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones del equipo terminal³² y que requieren generalmente elementos de conmutación.

En el artículo 8 de la Ley Especial de Telecomunicaciones, correspondiente a Disposiciones Fundamentales, señala que: son parte de los servicios finales, los que se mencionan a continuación: telefónico rural, urbano, interurbano e internacional; videotelefónico; telefax; burofax; videotex, telefónico móvil automático, telefónico móvil marítimo o aeronáutico de correspondencia pública; telegráfico; de télex y de teletextos.

La legislación vigente en el Ecuador indica también, que serán servicios finales de telecomunicaciones todos aquellos que sean definidos por organismos internacionales para ser prestados con carácter universal. Los reglamentos técnicos para los diferentes servicios finales deben determinar los puntos de conexión a los que se conectarán los equipos terminales de los mismos, así como las especificaciones completas de las cualidades técnicas, operacionales y normas de homologación para los equipos terminales, los mismos que con

³² *Equipo receptor o emisor final de datos, conectado a una red de telecomunicaciones para proporcionar acceso a uno o más servicios específicos.*

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

certificado de homologación pueden ser obtenidos por empresas privadas o estatales.

3.5.1.2 Servicios portadores y su normativa en el Ecuador

De acuerdo al artículo 8 del Capítulo I de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, son aquellos servicios de telecomunicaciones que proveen la capacidad necesaria para la transmisión de información entre puntos de terminación de red definidos.

Dichos servicios proporcionan capacidad para llevar toda clase de señales para voz, video, datos, etc. entre dos sitios definidos.

Bajo dos modalidades pueden ser prestados los servicios portadores: redes no conmutadas y redes conmutadas.

La cobertura geográfica de los servicios portadores puede ser a nivel regional o nacional.

A continuación se resume el ámbito regulatorio para los servicios portadores de acuerdo a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

En el capítulo VI, artículo 3, literal e, de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, indica que es competencia del CONATEL la aprobación de pliegos tarifarios de los servicios de telecomunicación abiertos a la correspondencia pública, así como los cargos de interconexión que deban pagar obligatoriamente los concesionarios de servicios portadores, incluyendo alquileres de circuitos. El literal “f” correspondiente al mismo capítulo y artículo citados anteriormente, dispone que el CONATEL, debe establecer términos, condiciones y plazos para el otorgamiento de concesiones y autorizaciones del uso de frecuencias así como la autorización de la explotación de los servicios finales y portadores de telecomunicaciones.

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

3.5.1.3 Servicios de valor agregado y su normativa en el Ecuador

Los servicios de valor agregado³³ utilizan servicios finales o portadores de telecomunicaciones. Incorporan aplicaciones que permiten transformar los contenidos de la información transmitida, dicha transformación puede comprender cambios netos en los puntos extremos de la transmisión, en el protocolo, código o formato de la información.

Los principales servicios de valor agregados son los proporcionados por: ISP³⁴, GPS³⁵, POS³⁶, telemetría³⁷, acceso móvil a redes corporativas, etc.

Uno de los principales servicios de valor agregado en el Ecuador es acceso a Internet, que en definitiva es una red de telecomunicaciones a la cual actualmente pueden conectarse miles de millones de personas en cualquier parte del mundo, aunque con mayor incidencia en los países más desarrollados.

En la Figura 3.2 se puede ver la red Internet.

³³ Mediante Resolución No. 071-03-CONATEL-2002 del 01 de abril de 2002, se emite el nuevo Reglamento para la Prestación de S.V.A., el mismo que se encuentra en vigencia.

³⁴ ISP Proveedor de Servicios de Internet, permite a los usuarios el acceso a Internet.

³⁵ GPS Sistema de Posicionamiento Global.

³⁶ POS Punto de Venta.- se emplea para transferir información desde sitios remotos mediante consultas o base de datos, así como generar pedidos de compra y venta entre otros.

³⁷ Permite la transmisión de información desde sensores en sitios remotos a una estación central.

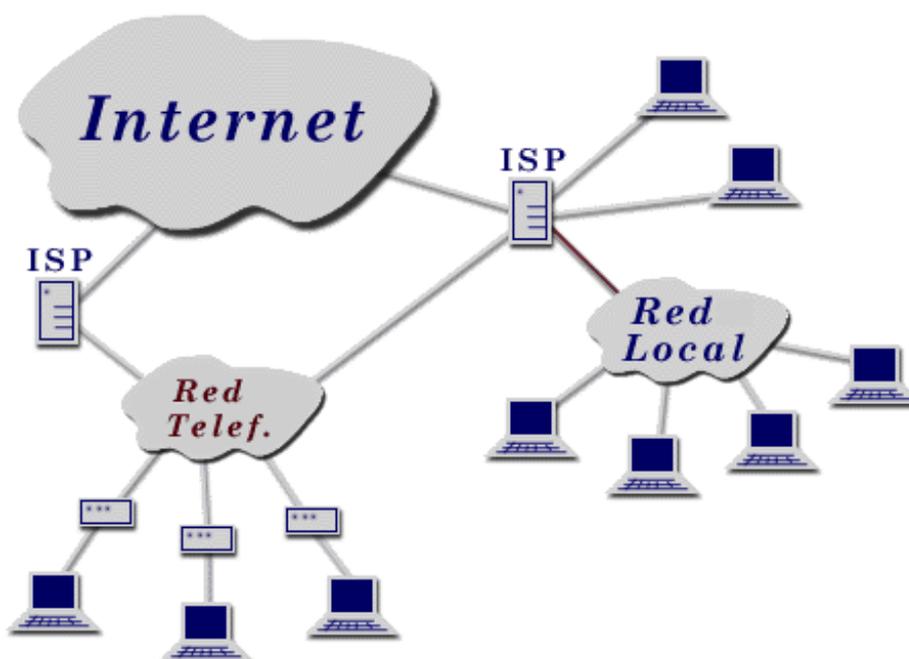


Figura 3.2 Esquema de Internet³⁸

Es la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones quien otorga permisos para brindar servicios de valor agregado, previa solicitud escrita así como el pago de 500 dólares por cada servicio que se desee brindar, el tiempo de caducidad del permiso es de 10 años. Los títulos habilitantes son instrumentos otorgados por el estado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, uso del espectro radioeléctrico e instalación de redes privadas.

3.5.2 HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS

La homologación básicamente consiste en registrar y autorizar, previa verificación del cumplimiento de las normas técnicas de un equipo terminal.

El Estado es el responsable de normar la homologación de equipos terminales y otros equipos que considere conveniente en concordancia con los avances tecnológicos³⁹.

³⁸ Imagen tomada de <http://www.neoconsultores.com/index.php?tabla=6>

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

Se considera infracción la importación, fabricación, distribución, venta o exposición para la venta de aparatos o equipos que no dispongan de certificados de homologación y de cumplimiento de las especificaciones técnicas que se establezcan en los Reglamentos⁴⁰.

El encargado de elaborar normas para homologación de equipos de telecomunicaciones en el Ecuador es la SENATEL de conformidad con lo expuesto en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada⁴¹. Posteriormente, dichas normas, pasarán a ser revisadas por el CONATEL.

La SENATEL también se encargará de calificar los laboratorios que emitirán certificados de homologación técnica para equipos terminales de telecomunicaciones.

El CONATEL tiene, entre otras, las funciones para aprobar las normas de homologación, regulación y control de servicios y equipos de telecomunicaciones⁴².

La Superintendencia de Telecomunicaciones se encarga de supervisar que se acaten las normas de homologación que han sido previamente aprobadas por el CONATEL⁴³.

Ningún equipo terminal que pueda impedir o interrumpir el servicio, degradar su calidad, causar daño a terceros o a otras redes sean públicas o privadas, así como a empleados de las operadoras de dichas redes, podrá ser utilizado por el usuario. Será responsabilidad del usuario la instalación, mantenimiento y reparación de equipos terminales⁴⁴.

³⁹ Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada: Capítulo I, artículo 5.

⁴⁰ Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada: Capítulo V, artículo 28, literal (f)..

⁴¹ Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada: Capítulo VI, título II, artículo 2, literal (f).

⁴² Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada: Capítulo VI, título II, artículo 3, literal (d)

⁴³ Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada: Capítulo VI, título III, artículo 34, literal (e).

⁴⁴ Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada: Título XII capítulo IV, artículo 147.

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

No está autorizado en el país la comercialización o utilización de equipos terminales que no hayan sido previamente aprobados mediante el proceso de homologación de equipos o acuerdos internacionales suscritos por el país, que se conecten de forma directa o indirectamente a una red pública⁴⁵.

De igual manera no se podrá comercializar ni utilizar aquellos equipos de telecomunicaciones que puedan afectar redes de telecomunicaciones o sean incompatibles con el Plan Nacional de Frecuencias⁴⁶.

3.6 NORMATIVA TÉCNICA O RECOMENDACIONES PARA FTTB Y VDSL2⁴⁷

Las normas técnicas que se deben aplicar a las tecnologías FTTB y VDSL2 se encuentran descritas en las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

3.6.1 RECOMENDACIONES PARA VDSL2

Las recomendaciones para la tecnología VDSL2 se encuentran descritas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones en la ITU-T G.993.2.

VDSL2 es una tecnología de capa física en redes de acceso, utiliza DMT (multitono discreto) como técnica de modulación.

⁴⁵ Reglamento General a la *Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada: Título XII capítulo IV, artículo 148, literal (a)*.

⁴⁶ Reglamento General a la *Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada: Título XII capítulo IV, artículo 148, literal (b)*.

⁴⁷ - *ITU-T recomendación G.993.2. Febrero 2006*

- *Huidobro José, Roldán David. Redes y servicios de banda ancha. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.*

CAPÍTULO 3 – Marco regulatorio nacional en relación con estas tecnologías

Esta tecnología incorpora importantes características que se mencionan a continuación y deben cumplirse con el fin de tener una mejor calidad de los servicios:

- Calidad de Servicio.
- Mayor protección contra el ruido impulsivo (INP) en relación con otras tecnologías que anteceden a VDSL2.
- Menor tasa de adaptación sin discontinuidad (SRA).
- Rapidez de adaptación (RRA^{TM}).

Las nuevas tendencias en redes de acceso para VDSL2 son FTTH, FTTB, y FTTR / FTTN / FTTC, especialmente porque éstas proporcionan velocidades altas de transmisión de datos con atenuaciones muy pequeñas.

3.6.2 RECOMENDACIONES PARA FTTB

Quienes despliegan FTTB, FTTH y otras tecnologías afines, generalmente se fundamentan en las normas: Gigabit PON (GPON) o Ethernet PON (EPON).

En Japón, la norma EPON es bastante popular y tiene mucha acogida en otros países del Asia como Corea y China. Está basada en Ethernet y la norma IEEE 802.3ah. Su velocidad es de 1 Gbps y puede trabajar teóricamente sin inconvenientes hasta 20 km entre ONT y OLT.

GPON se basa en las normas G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5 de la ITU-T.

CAPÍTULO 4

RED DE ACCESO CON FTTB PARA APLICAR TECNOLOGÍA VDSL2

CAPÍTULO 4

RED DE ACCESO CON FTTB PARA APLICAR TECNOLOGÍA VDSL2

El presente Capítulo tiene por objeto definir el perfil de los potenciales usuarios de los servicios así como un presupuesto referencial, además se diseñará una red de acceso con tecnología FTTB-VDSL2 que comunique un ISP con dos edificios ubicados en el sector de La Mariscal de la ciudad de Quito.

4.1 INTRODUCCIÓN⁴⁸

La Mariscal es un barrio muy conocido de la ciudad en el que se encuentran: edificios (residenciales, oficinas, hoteles, clínicas, hospitales, etc), casas, parques, entidades educativas, restaurantes, bares, discotecas, entre otros; en general se la puede definir como una zona comercial, hotelera, residencial, bancaria y de diversión. Es además bastante visitado tanto por turistas nacionales como extranjeros por la cantidad de atractivos que presenta, así como la variedad de lugares de hospedaje que posee.

Al existir muchos edificios en el sector⁴⁹ (en el orden de las centenas), se convierte en una zona de alta densidad poblacional, en especial en horarios de oficina, lo cual le convierten en un sector atractivo para la prestación de servicios, entre ellos, los de telecomunicaciones. Razón por la cual se la escogió para el diseño de la red de acceso con FTTB para aplicar la tecnología VDSL2.

El sector o barrio de La Mariscal está situado en el centro-norte de la ciudad de Quito y cuya ubicación geográfica se muestra en la Figura 4.1, mediante fotos

⁴⁸ Peyronnie Karine, De Maximy René. *Gente de Quito. Primera edición, editorial Abya Yala, 2000.*

⁴⁹ Son centenares de edificios superiores a 3 pisos los que se encuentran en La Mariscal.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

satelitales y software especializado⁵⁰ se pudo determinar que ocupa algo más de un kilómetro cuadrado de superficie.



Figura 4.1 Ubicación geográfica del sector de La Mariscal en la ciudad de Quito

Como se puede apreciar en la Figura 4.1, La Mariscal tiene una ubicación céntrica y estratégica en la ciudad. Sus límites son: al norte la avenida Colón, al sur la

⁵⁰ Google Earth.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

avenida Patria, al este la avenida 12 de Octubre y al oeste la avenida 10 de agosto.

En la Figura 4.2 se muestra el sector de la Mariscal con mayor detalle.

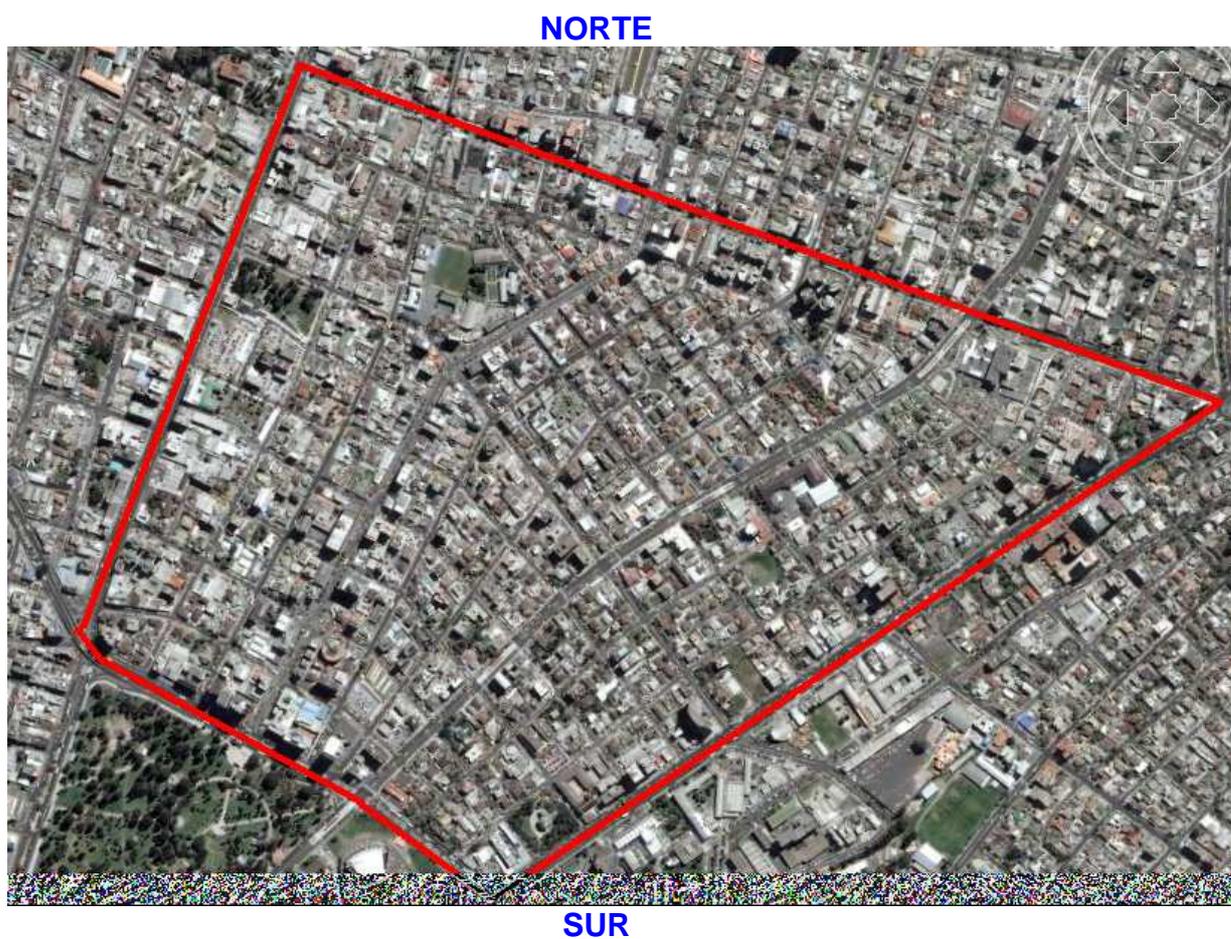


Figura 4.2 Detalle aéreo del sector de La Mariscal

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

4.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE ESTA RED DE ACCESO⁵¹

Esta red de acceso emplea la fibra óptica hasta el edificio (FTTB) y VDSL2. Es decir, desde el ISP, donde se encuentra un equipo OLT Gigabit Ethernet PON, hasta los edificios donde se encuentran los abonados o usuarios se despliega fibra óptica. En cada edificio se encuentra un equipo ONT Gigabit Ethernet PON que se conecta a un DSLAM. La fibra que llega al edificio se conecta directamente al equipo ONT Gigabit Ethernet PON. Del DSLAM salen líneas de cobre hacia cada uno de los usuarios independientemente que estos se encuentren en viviendas, oficinas o locales comerciales ubicados en la edificación.

En la Figura 4.3 se presenta un esquema de la red de acceso que conectará un ISP con dos edificios localizados en el sector de La Mariscal.



Figura 4.3 Esquema de VDSL2 en FTTB⁵²

⁵¹ - Bartnikas R., Srivastava K. D. *Power and Communication cables: theory and applications*. Tercera edición, McGraw-Hill, 1999.
 - Huidobro José, Roldán David. *Redes y servicios de banda ancha*. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.
 - www.multicominc.com

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

El ISP está, en este caso, en la oficina central, desde la cual se puede tender fibra óptica hasta los edificios de dos maneras distintas:

- Fibra óptica por vía aérea.
- Fibra óptica introducida en ductos subterráneos.

A continuación se describe cada caso.

4.2.1 FIBRA ÓPTICA POR VÍA AÉREA

En este caso la fibra óptica se tiende a la intemperie, colgada en postes de energía eléctrica a una altura que no ponga en riesgo la integridad de la red, ni la de quien la instale o realice algún tipo de mantenimiento o reparación de ser necesario.

El tipo de fibra que se emplea en este caso se denomina ADSS⁵³ (Anexo B). Es la fibra empleada para instalaciones en exteriores, generalmente sustentadas en torres o postes de energía eléctrica sin importar si son de madera, concreto o metal.

Las fibras ADSS, como sus siglas en inglés definen, son fibras auto soportadas y dieléctricas, esto implica que tienen la rigidez y características para ser tendidas de forma aérea y no conducen la electricidad. Son resistentes a la humedad y a cambios de temperatura de modo que no presentan problemas, por ejemplo, cuando llueve o el día está soleado.

En la Figura 4.4 se puede observar la fibra ADSS.

⁵² <http://chinchaycamac.blogspot.com>

⁵³ ADSS All-Dielectric Self-Supporting.

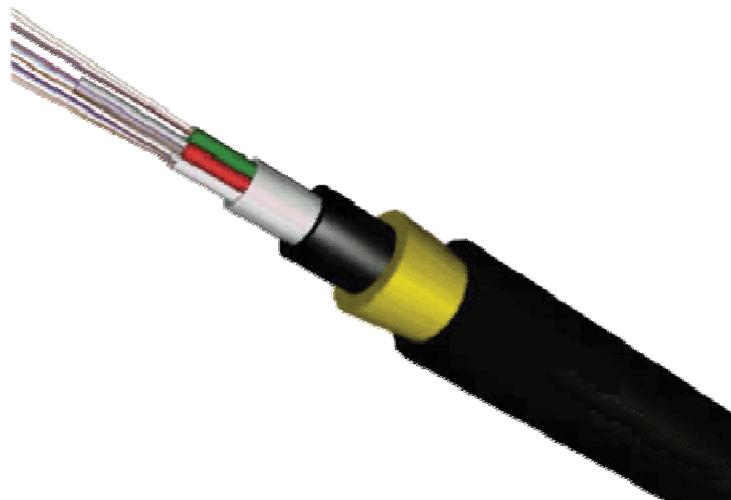


Figura 4.4 Fibra óptica ADSS⁵⁴

Hay ventajas importantes en el empleo de este tipo de fibras, como son las facilidades de instalación, mantenimiento o reparación, reduciendo los costos económicos para tales efectos.

La fibra óptica ADSS puede ser monomodo o multimodo.

4.2.2 FIBRA ÓPTICA INTRODUCIDA EN DUCTOS SUBTERRÁNEOS

Es otra alternativa cuando se requiere de un tendido de fibra óptica, el mismo que irá en el subsuelo, introducido en ductos aptos para la utilización en redes de telecomunicaciones.

Los ductos subterráneos para telecomunicaciones se encuentran generalmente a una profundidad superior a 1 m en relación con la superficie que habitualmente suele ser calles o aceras.

El momento en que se escoge implementar un tendido de fibra óptica por ductos subterráneos, la opción más factible es arrendarlos a empresas que cuenten con

⁵⁴ www.ftth-china.com/optical_fiber_cable_adss.htm

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

dicha infraestructura. En concreto, en la ciudad de Quito, una de las instituciones que cuenta con ductos subterráneos aptos para las telecomunicaciones y que podrían arrendarlos a quien los necesite es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones⁵⁵.

Hay distintos fabricantes para este tipo de cables de fibra óptica que comparten muy similares características. Las fibras ópticas que van en ductos subterráneos pueden ser monomodo o multimodo.

En La Figura 4.5 se puede observar fibras ópticas aptas para instalar en ductos subterráneos.

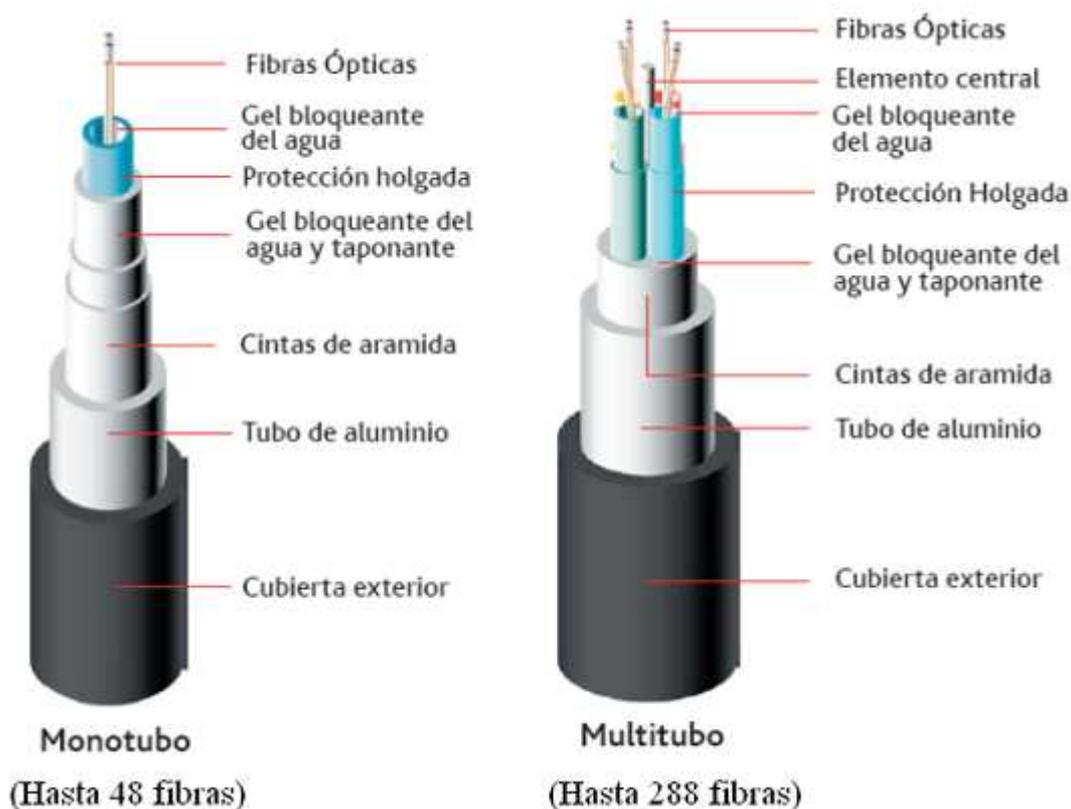


Figura 4.5 Fibras ópticas empleadas para utilización en ductos subterráneos⁵⁶

⁵⁵ Corresponde a lo que fue ANDINATEL S.A. La Corporación Nacional de Telecomunicaciones fusionó a las empresas de telecomunicaciones Andinatel y Pacifictel.

⁵⁶ www.voltimum.es

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

Una característica importante de este tipo de fibras es que debe ser resistente no solamente al agua sino también al ataque de roedores, por ello tiene un revestimiento con tubo de aluminio, adicionalmente las cintas de aramida⁵⁷ tienen un sabor que les es desagradable a los roedores.

La instalación, mantenimiento y reparación de este tipo de fibra es algo más complejo y costoso que la fibra ADSS.

4.3 PERFIL DE USUARIOS Y UBICACIÓN

Los potenciales usuarios de los servicios proporcionados mediante la red de acceso se encuentran en dos edificios en el sector de La Mariscal, uno corresponde al edificio Gabriela Mistral y otro al edificio Mariana de Jesús.

4.3.1 USUARIOS DE LA RED DE ACCESO EN EL EDIFICIO GABRIELA MISTRAL

A continuación se realiza la descripción del edificio Gabriela Mistral así como las principales características de los potenciales usuarios que se encuentran en este.

4.3.1.1 Descripción de la edificación

El edificio Gabriela Mistral tiene nueve pisos y se encuentra en la calle Luis Cordero E6-11 entre Reina Victoria y Juan León Mera. Es una edificación de tipo mixto, es decir, hay oficinas, viviendas y locales comerciales.

En la Figura 4.6, más adelante, se observa la ubicación exacta del edificio dentro del sector de La Mariscal.

⁵⁷ Aramida se denomina a una categoría de fibra sintética que consta de Kevlar y de Twaron.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

La ocupación del edificio es casi total, exceptuando un departamento destinado a vivienda que se encuentra deshabitado y es ocupado ocasionalmente por su propietario pues vive fuera de la provincia de Pichincha.

En la Tabla 4.1 se puede apreciar la conformación del edificio.

	Número	Porcentaje de ocupación física del inmueble (%)
Viviendas	27	96
Oficinas	9	100
Locales Comerciales	2	100
Total	38	---

Tabla 4.1 Detalle del número de viviendas, oficinas y locales comerciales en el edificio Gabriela Mistral

Cabe indicar que para acceder o hacer modificaciones en la infraestructura de servicios, comunal, telecomunicaciones, etc. se necesita el consentimiento de la Administradora del edificio o de la mayoría de copropietarios de este.

El edificio cuenta con cuarto de telecomunicaciones, ubicado en la planta baja a pocos metros de los medidores de energía eléctrica y tiene un ducto de telecomunicaciones por el cual suben, entre otros, los pares de cobre correspondientes a las líneas telefónicas.

4.3.1.2 Descripción de los usuarios del edificio Gabriela Mistral

Los potenciales usuarios que habitan o laboran en el edificio Gabriela Mistral son de distintas edades, de manera que encontramos desde niños hasta personas de la tercera edad.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

La condición socioeconómica de las personas que se encuentran en este edificio abarca desde la clase media baja hasta la media alta. Aunque en promedio se puede decir que se trata de clase media.

Se estima que el 22% del total de viviendas, oficinas y locales comerciales de este edificio pudiera acceder a servicios de banda ancha a 1 Mbps o superior⁵⁸, mediante la tecnología VDSL2.

En definitiva, en este edificio habría aproximadamente 8 usuarios de la red de acceso con FTTB y VDSL2.

4.3.2 USUARIOS DE LA RED DE ACCESO EN EL EDIFICIO MARIANA DE JESÚS

A continuación se hace una descripción del edificio Mariana de Jesús y de los usuarios potenciales que se encuentran en éste.

4.3.2.1 Descripción de la edificación

El edificio Mariana de Jesús tiene nueve pisos y se encuentra en la avenida 12 de Octubre N21-155 y calle Vicente Ramón Roca. La edificación está constituida básicamente por oficinas, teniendo también una pequeña vivienda y en su frente, locales comerciales.

En la Figura 4.6, se encuentra la ubicación geográfica del edificio Mariana de Jesús.

El edificio se encuentra ocupado o habitado en su totalidad incluidos los locales exteriores.

⁵⁸ En base a una encuesta realizada, tomando como muestra a 9 potenciales usuarios, de ellos 8 tienen acceso a servicios de banda ancha en la actualidad, de los cuales 2 estarían dispuestos a obtener acceso a un mayor ancho de banda.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

En la Tabla 4.2 se presenta en detalle la distribución del edificio Mariana de Jesús.

	Número	Porcentaje de ocupación física del inmueble (%)
Viviendas	1⁵⁹	100
Oficinas	90	100
Locales Comerciales	3	100
Total	94	---

Tabla 4.2 Detalle del número de viviendas, oficinas y locales comerciales en el edificio Mariana de Jesús

El edificio cuenta con un cuarto de telecomunicaciones ubicado en la planta baja, el ducto por donde suben los cables de las líneas telefónicas está situado junto a los ascensores.

En el cuarto de telecomunicaciones se encuentra una regleta con los conductores correspondientes a cada línea telefónica.

La Administración del edificio Mariana de Jesús es la encargada de autorizar el acceso al cuarto de telecomunicaciones.

⁵⁹ Pequeña vivienda destinada para domicilio del conserje del edificio y su familia.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

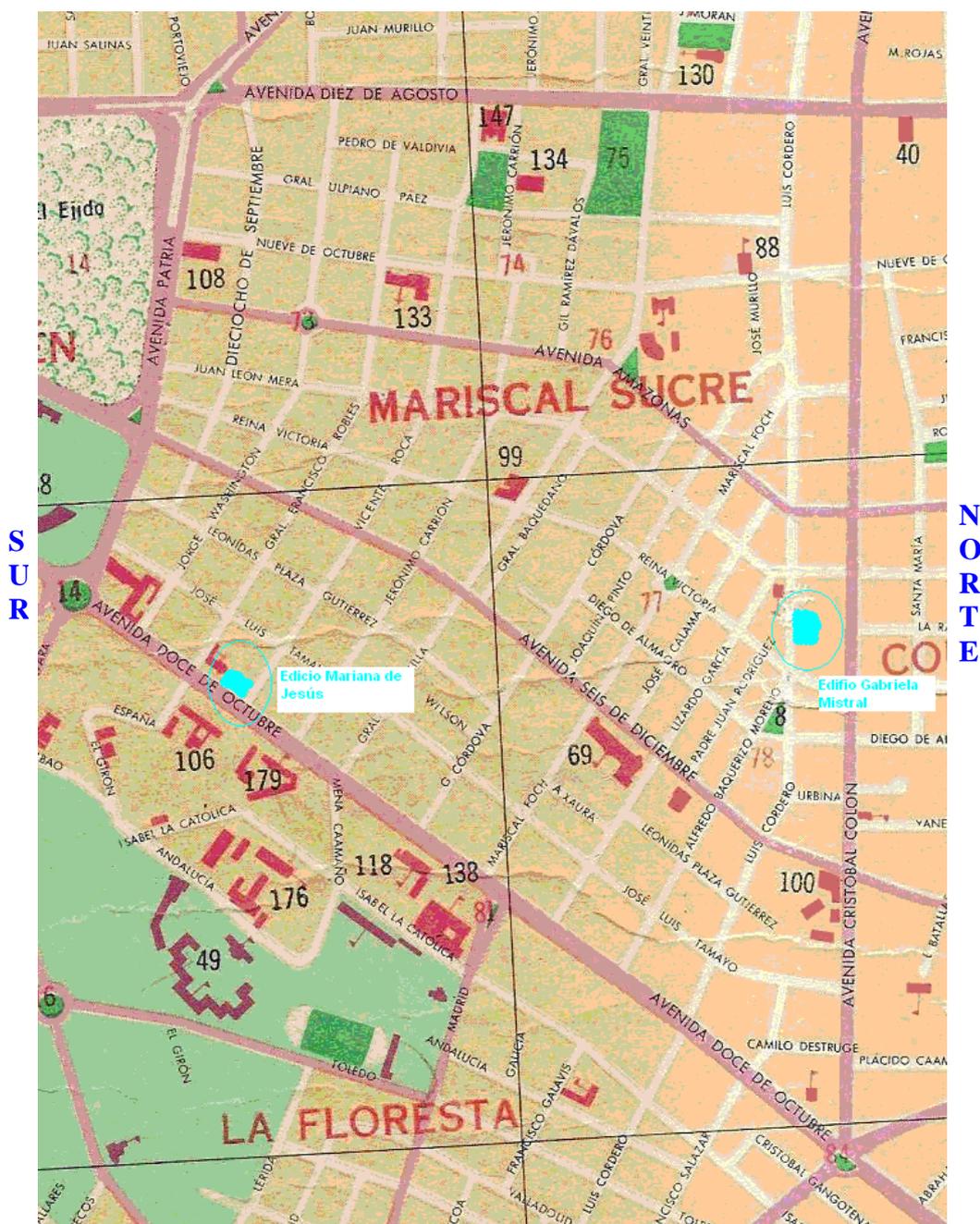


Figura 4.6 Localización en el sector de La Mariscal de los edificios Gabriela Mistral (derecha) y Mariana de Jesús (izquierda)

Como se puede visualizar ambos edificios se encuentran en los límites de La Mariscal.

La distancia entre los edificios en línea recta es aproximadamente un kilómetro.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

4.3.2.2 Descripción de usuarios del edificio Mariana de Jesús

Al igual que en el edificio Gabriela Mistral los usuarios del edificio Mariana de Jesús son de distintas edades, aunque en este caso, la regla general es que son personas mayores de edad.

El estrato socio económico en este caso es muy variado y no solo abarca la clase medias sino a esferas por encima y debajo de ésta.

Se estima que pudieran acceder a servicios de Internet con banda ancha a velocidades de al menos 1 Mbps⁶⁰, un 25% del total de viviendas, oficinas y locales comerciales de este edificio.

En este edificio habría aproximadamente 23 usuarios de la red de acceso con FTTB y VDSL2.

4.4 ISP (PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET)⁶¹

El ISP que proveerá servicios de Internet a los usuarios se encuentra ubicado en la calle General Ignacio de Veintimilla y Reina Victoria, un lugar céntrico en el sector de La Mariscal.

Su ubicación geográfica se puede apreciar en la Figura 4.7.

⁶⁰ En base a una encuesta realizada, tomando como muestra a 12 potenciales usuarios, de ellos, 12 tienen acceso a servicios de banda ancha y 3 estarían dispuestos a obtener acceso a un mayor ancho de banda.

⁶¹ - Stair Ralph, Reynolds George. *Principios de sistemas de información: enfoque administrativo*. Cuarta edición, Cengage Learning Editores, 2000.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

- Topología física.
- Tipo de fibra óptica a utilizar (monomodo o multimodo).
- Tipo de tendido de fibra óptica (aérea o subterránea).
- Equipos de telecomunicaciones y elementos que conforman la red de acceso.

La elección de cada uno de los puntos anteriormente citados se define en base a criterios técnicos y de costo-beneficio.

4.5.1 TOPOLOGÍA FÍSICA DE LA RED DE ACCESO

Para esta red de acceso, la topología física se puede entender como la configuración de cableado entre el ISP y los edificios donde se encuentran los usuarios.

Como se manifestó anteriormente la topología más conveniente para esta red de acceso es en estrella, con PON, debido a la ubicación geográfica del ISP y los edificios Gabriela Mistral y Mariana de Jesús.

En la Figura 4.8 se representa la topología para esta red de acceso.

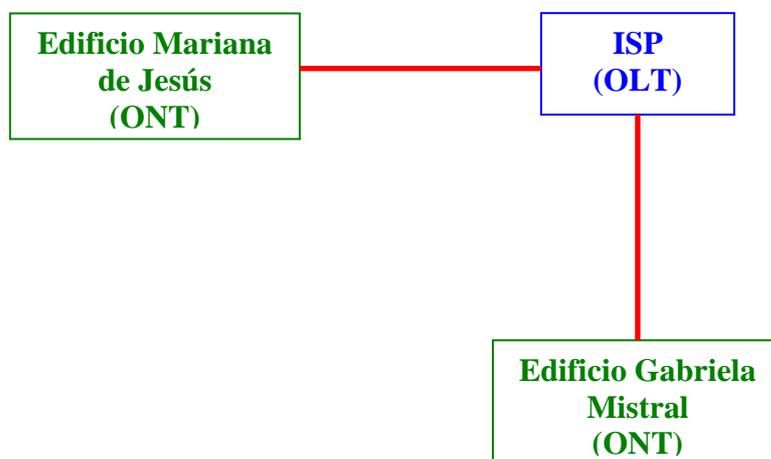


Figura 4.8 Topología física de la red de acceso

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

4.5.2 TIPO DE FIBRA ÓPTICA PARA LA RED DE ACCESO

Como se había manifestado en el Capítulo 1, las fibras ópticas pueden ser multimodo o monomodo.

Las fibras ópticas del tipo multimodo se emplean en cortas distancias, generalmente menores a un kilómetro, sin embargo, esto no significa que para tales distancias no se pueda emplear fibra monomodo. La literatura al respecto indica que son más económicas que las fibras monomodo, pero en la actualidad, en el Ecuador las fibras multimodo son más costosas que las monomodo, esto quizás puede deberse a leyes de mercado como la oferta y demanda.

En la Tabla 4.3 se puede ver la diferencia en costo de los dos tipos de fibras.

COSTOS DE FIBRA ÓPTICA⁶³	
Fibras Monomodo	2,40
Fibras Multimodo	3,71

Tabla 4.3 Costo de diferentes tipos de fibras ópticas⁶⁴

La red de acceso empleará fibra óptica monomodo desde el ISP hasta los edificios en los cuales se encuentran los usuarios, debido a que en el mercado de las telecomunicaciones está desapareciendo la fibra óptica multimodo y sus equipos se encarecen cada vez más. El costo por concepto de fibra óptica monomodo también se reduce en más de un dólar por metro.

4.5.3 TIPO DE TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA

Existen dos tipos de tendidos de fibra óptica:

⁶³ Los costos están expresados en dólares estadounidenses por metro de fibra óptica de 6 hilos.

⁶⁴ Agosto de 2009.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

- Tendido de fibra óptica subterránea.
- Tendido de fibra óptica aérea.

4.5.3.1 Tendido de fibra óptica subterránea para la red de acceso

Para poder implementar esta alternativa de tendido se debe tener en cuenta la factibilidad física de su implementación así como el presupuesto de la misma.

Una opción es alquilar los ductos subterráneos que tiene la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en el sector de La Mariscal en la ciudad de Quito, con el objeto de conectar físicamente el ISP con los edificios Gabriela Mistral y Mariana de Jesús.

En la actualidad, la CNT ya no arrienda sus ductos, lo cual se constituye en un obstáculo para implementar esta alternativa de tendido.

Para realizar la instalación de ductos subterráneos se requiere la autorización del Municipio de Quito. El costo en materiales y mano de obra es bastante elevado.

Por lo anteriormente expuesto se descarta esta alternativa de tendido para fibra óptica.

4.5.3.2 Tendido de fibra óptica aérea para la red de acceso

Esta es otra alternativa de tendido para la red de acceso en lo referente a fibra óptica.

El tendido de fibra óptica aérea se despliega utilizando postes de alumbrado público instalados en las calles.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

Esta es una opción bastante viable y al momento es la única alternativa. Para el alquiler de postes se requiere una solicitud escrita realizada al Departamento de Alumbrado Público perteneciente a la Empresa Eléctrica Quito.

El costo de alquiler de cada poste en el sector de La Mariscal es de 10,30 dólares al año.

Como se manifestó anteriormente, el tipo de cable de fibra óptica que se emplea para este tipo de tendido se denomina ADSS (*All Dielectric Self Supporting*). Un parámetro que se debe tener en cuenta es la longitud de vano o ancho de vano, que indica la distancia promedio entre los postes o torres en los cuales se va a colgar la fibra óptica.

La longitud de vano “promedio” para esta red de acceso es de aproximadamente 35 m.

Para la red de acceso correspondiente al edificio Gabriela Mistral el tendido de fibra óptica sale desde el ISP por la calle Reina Victoria en sentido sur-norte hasta la intersección con la calle Wilson, allí gira hacia el este, hasta la intersección con la calle Diego de Almagro, dirigiéndose por ésta al norte hasta llegar a la intersección con la calle Baquerizo Moreno, donde toma dirección oeste hasta alcanzar la calle Luis Cordero y llegar finalmente al interior del edificio Gabriela Mistral.

La longitud total del tendido de fibra óptica desde el ISP hasta el edificio Gabriela Mistral es de 850 m⁶⁵.

En la Tabla 4.4 se detallan las longitudes de fibra óptica para esta red de acceso.

⁶⁵ La longitud total calculada con la ayuda de Google Earth, comprende la distancia desde los equipos de red en el ISP hasta el DSLAM ubicado en el interior del edificio Gabriela Mistral.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

LONGITUD DE FIBRA ÓPTICA (m)⁶⁶	
Longitud de fibra óptica colgada en postes⁶⁷	730
Longitud de fibra óptica hasta el ISP⁶⁸	80
Longitud de fibra óptica hasta el DSLAM⁶⁹	40
Longitud de fibra óptica total	850

Tabla 4.4 Longitudes de fibra óptica para la red de acceso del edificio Gabriela Mistral

El tendido de fibra óptica correspondiente a la red de acceso del edificio Mariana de Jesús sale del ISP, por la calle Reina Victoria, hacia el sur hasta la intersección de la calle Roca, por donde continúa hacia el este hasta llegar a la Avenida 12 de Octubre, hasta alcanzar el cuarto de telecomunicaciones del edificio Mariana de Jesús.

La Tabla 4.5 detalla las longitudes de fibra óptica para esta red de acceso.

LONGITUD DE FIBRA ÓPTICA (m)	
Longitud de fibra óptica colgada en postes⁷⁰	590
Longitud de fibra óptica hasta el ISP⁷¹	60
Longitud de fibra óptica hasta el DSLAM⁷²	40
Longitud de fibra óptica total	690

Tabla 4.5 Longitudes de fibra óptica para la red de acceso del edificio Mariana de Jesús

⁶⁶ Las longitudes se encuentran expresadas en metros.

⁶⁷ La longitud en postes está medida desde el poste más cercano al ISP hasta el poste más cercano al edificio Gabriela Mistral.

⁶⁸ La longitud de fibra se calculó desde el poste más cercano al ISP hasta el interior del mismo.

⁶⁹ La longitud de fibra se calculó desde el poste más cercano al edificio Gabriela Mistral hasta el DSLAM ubicado en el interior de la edificación.

⁷⁰ La longitud en postes está medida desde el poste más cercano al ISP hasta el poste más cercano al edificio Mariana de Jesús.

⁷¹ La longitud de fibra se calculó desde el poste más cercano al ISP hasta el interior del mismo.

⁷² La longitud de fibra se calculó desde el poste más cercano al edificio Mariana de Jesús hasta el DSLAM ubicado en el interior de la edificación.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

En la Figura 4.9 se representa la ubicación de postes a utilizar en el tendido de fibra para conectar el ISP con los edificios.

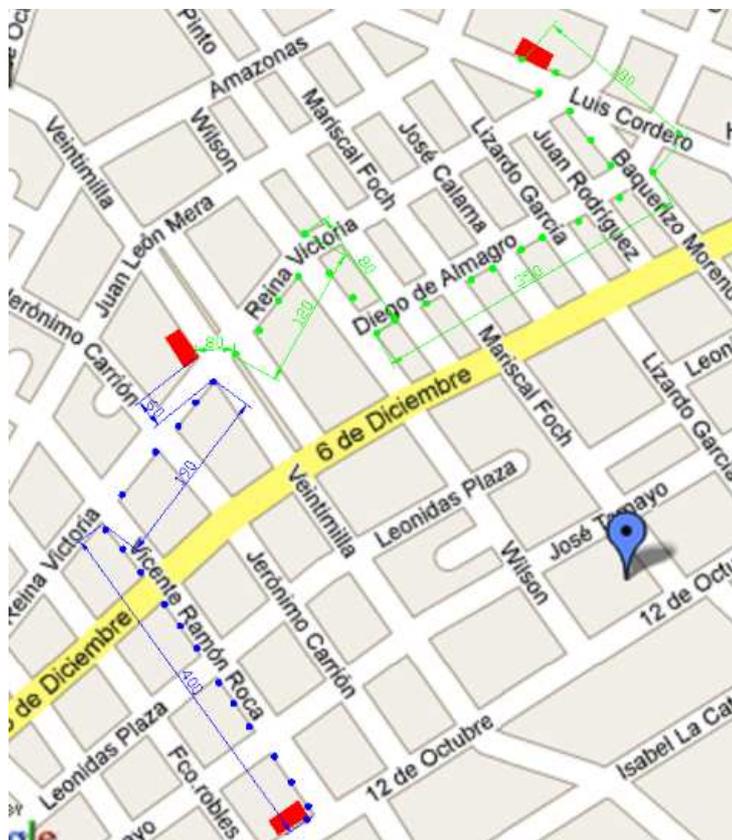


Figura 4.9 Localización de postes de alumbrado público para la instalación de fibra óptica aérea que conecta el ISP con los edificios Gabriela Mistral y Mariana de Jesús

4.5.3.3 Presupuesto para tendido de fibra óptica aérea desde el ISP al edificio Gabriela Mistral

Para calcular el presupuesto de fibra óptica aérea se tomó en cuenta el costo de materiales, alquiler de postes y mano de obra.

En la Tabla 4.6 se detalla el presupuesto para tendido de fibra óptica aérea para el edificio Gabriela Mistral.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

PRESUPUESTO⁷³		
Fibra óptica⁷⁴	Costo por metro	COSTO TOTAL=Costo por metro*Distancia⁷⁵
	2,40	2,40*850 = 2040,00
Arrendamiento de postes	Costo por poste	COSTO TOTAL⁷⁶=Costo por poste*# de postes⁷⁷
	10,30	10,30*22 = 226,60
Mano de obra⁷⁸	240	
TOTAL	2506,60	

Tabla 4.6 Presupuesto para tendido para fibra óptica para el edificio Gabriela Mistral

De igual manera, en la Tabla 4.7 se especifica el presupuesto para tendido de fibra óptica aérea para el edificio Mariana de Jesús.

PRESUPUESTO⁷⁹		
Fibra óptica	Costo por metro	COSTO TOTAL=Costo por metro*Distancia⁸⁰
	2,40	2,40*690 = 1656,00
Arrendamiento de postes	Costo por poste	COSTO TOTAL⁸¹=Costo por poste*# de postes⁸²
	10,30	10,30*18 = 185,40
Mano de obra⁸³	240,00	
TOTAL	2081,40	

Tabla 4.7 Presupuesto para tendido de fibra óptica para el edificio Mariana de Jesús

⁷³ El presupuesto y costos están expresados en dólares norteamericanos.

⁷⁴ Fibra óptica monomodo de 6 hilos.

⁷⁵ Corresponde a la distancia entre el ISP y el cuarto de telecomunicaciones del edificio Gabriela Mistral y está expresado en metros.

⁷⁶ El costo del arrendamiento de postes a la Empresa Eléctrica Quito es anual.

⁷⁷ Corresponde al número de postes arrendados entre el ISP y el edificio Gabriela Mistral.

⁷⁸ Se estima el trabajo de tres obreros en una semana.

⁷⁹ El presupuesto y costos están expresados en dólares norteamericanos.

⁸⁰ Corresponde a la distancia entre el ISP y el cuarto de telecomunicaciones del edificio Mariana de Jesús y está expresada en metros.

⁸¹ El costo del arrendamiento de postes a la Empresa Eléctrica Quito es anual.

⁸² Corresponde al número de postes arrendados entre el ISP y el edificio Mariana de Jesús.

⁸³ Se estima el trabajo de tres obreros en una semana.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

4.5.4 EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES Y ELEMENTOS QUE CONFORMAN ESTA RED DE ACCESO

La red de acceso cuenta con elementos y equipos fundamentales que se mencionan a continuación:

- Fibra óptica.
- Par trenzado de cobre.
- Equipo OLT Gigabit Ethernet PON.
- Equipo ONT Gigabit Ethernet PON.
- DSLAM VDSL2.
- ODF.
- Conectores de fibra óptica.
- Patch cord de fibra óptica y UTP.
- Racks.
- UPS.

Adicionalmente cabe mencionar que dentro de las instalaciones de los usuarios, se tiene Modems VDSL2 y *Splitters* que son complementos de la red de acceso, aunque no forman parte de la misma pero permiten acceder a los servicios.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

4.5.4.1 Fibra óptica para la red de acceso

Como ya se expuso anteriormente el tipo de fibra óptica que utilizará esta red de acceso es monomodo, ADSS, de 6 hilos.

Conectará físicamente al OLT ubicado en el ISP con el ONT⁸⁴ de cada edificio.

4.5.4.2 Par trenzado de cobre⁸⁵

El par trenzado de cobre es muy utilizado en redes de acceso como medio de transmisión.

En el caso de la red de acceso FTTB-VDSL2 no se requiere una inversión extra de par trenzado pues se emplea el existente en el edificio del usuario; ésta es una ventaja de las tecnologías xDSL.

Tanto los edificios Gabriela Mistral como Mariana de Jesús cuentan con instalación de cobre para cada vivienda, oficina y local comercial.

4.5.4.3 Equipo OLT Gigabit Ethernet PON

El equipo OLT ubicado en el lugar donde está el ISP funciona como interfaz entre la red de acceso y otras redes.

Para esta red de acceso se utilizará un equipo OLT con tecnología Gigabit Ethernet diseñado para redes ópticas pasivas.

Maneja WDM para que la información fluya por un solo hilo de fibra óptica, en bajada utiliza la ventana de 1490 nm, en subida 1310 nm y de ser necesario puede utilizar la ventana de 1550 nm para difusión de video⁸⁶.

⁸⁴ *Propiamente, la fibra óptica llega al ODF y de este se conecta a los equipos OLT y ONT según sea el caso.*

⁸⁵ *Véase el Capítulo 1 (1.2.1).*

⁸⁶ *Permite al usuario tener televisión bajo suscripción.*

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

En la Figura 4.10 se observa el OLT Gigabit Ethernet de Versa Technology.



Figura 4.10 Equipo OLT Gigabit Ethernet

En la Tabla 4.8 se resume el presupuesto para el equipo OLT para la red de acceso.

PRESUPUESTO⁸⁷		
	Costo unitario⁸⁸	COSTO TOTAL = Costo unitario + Aranceles⁸⁹
OLT VX-EP3108	4120,00	4120 + 4120*0,25 = 5150,00
TOTAL		5150,00

Tabla 4.8 Presupuesto para el equipo OLT Gigabit Ethernet

4.5.4.4 Equipos ONT Gigabit Ethernet PON

Los equipos ONT se encuentran localizados en los edificios.

En este caso el ONT es conectado al DSLAM, utiliza multiplexación WDM.

Para esta red de acceso se utilizará un equipo ONT con tecnología Gigabit Ethernet PON.

⁸⁷ El presupuesto y costos son aproximados y están expresados en dólares norteamericanos.

⁸⁸ Costo en Estados Unidos.

⁸⁹ Se estima aproximadamente el 25% en aranceles.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

En la Figura 4.11 se presenta el ONT Gigabit Ethernet PON (AN5006-06).



Figura 4.11 Equipo ONT Gigabit Ethernet

En la Tabla 4.9 se presenta el presupuesto para los equipos ONT para la red de acceso.

PRESUPUESTO⁹⁰		
ONT	Costo unitario⁹¹	COSTO TOTAL = Costo unitario + Aranceles⁹²
AN5006-06	540,00	540 + 540*0,25 = 675,00 2 Equipos ONT: 675,00*2 = 1350,00
TOTAL		1350,00

Tabla 4.9 Presupuesto para equipos ONT Gigabit Ethernet

4.5.4.5 DSLAM VDSL2 (multiplexor digital de acceso a la línea de abonado para VDSL2)

El DSLAM es un dispositivo multiplexor/demultiplexor muy utilizado en las tecnologías xDSL.

La multiplexación VDSL2 se realiza mediante un equipo DSLAM que es el multiplexor digital de acceso a la línea de abonado para la tecnología xDSL.

⁹⁰ El presupuesto y costos son aproximados y están expresados en dólares norteamericanos.

⁹¹ Costo en Estados Unidos.

⁹² Se estima aproximadamente el 25% en aranceles.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

En el caso del presente proyecto de titulación el DSLAM VDSL2 está ubicado en el edificio en el que se encuentra el abonado o en un entorno cercano a este, como se puede observar en la Figura 4.12.

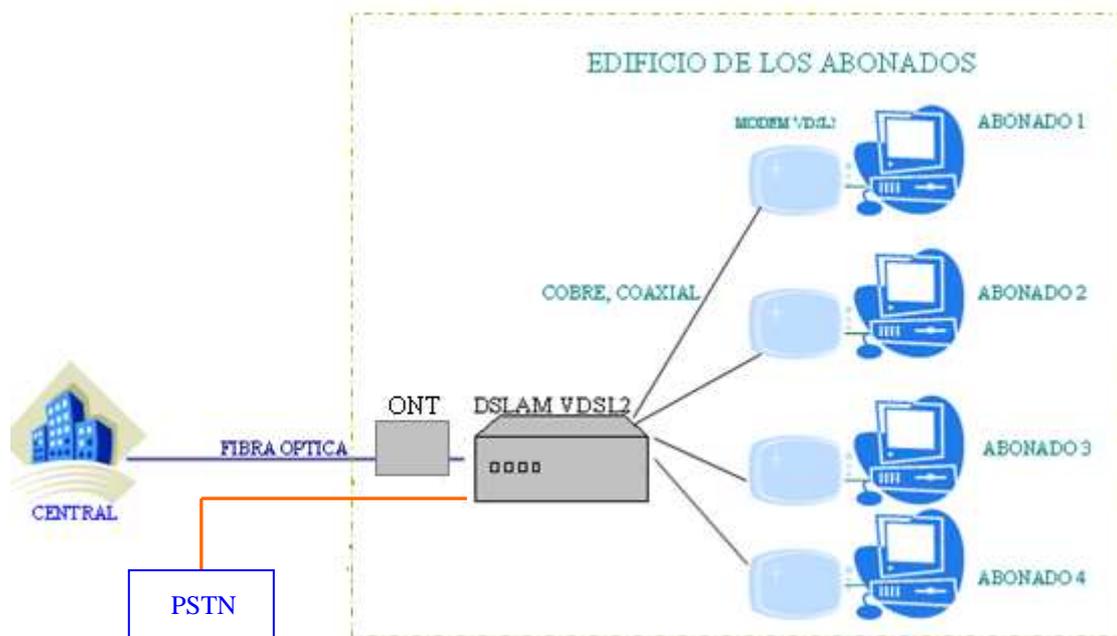


Figura 4.12 Ubicación del DSLAM en la red de acceso FTTB con VDSL2

Al DSLAM puede llegar cobre o fibra óptica desde el ONT.

Los principales fabricantes de DSLAM VDSL2 son: Versa Technology, Siemens, Huawei, Alcatel-Lucent, entre otros.

Los DSLAM que cumplen con los requerimientos para la red de acceso son los modelos VX-MD3024 y VX-MD3048 de Versa Technology, el primero posee 24 puertos VDSL2, mientras el segundo 48, número necesario para cubrir la demanda de usuarios en cada edificio garantizando escalabilidad. El DSLAM incluye 2 cables RJ21, uno permite por un lado conectar el DSLAM a las líneas del PSTN, mientras que el otro se conecta a las líneas de cobre de los usuarios.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

4.5.4.5.1 Descripción de DSLAM para la red de acceso⁹³

La descripción y especificaciones de los DSLAM IP VDSL2 de Versa Technology, modelo VX-MD3024 y VX-MD3048 que se muestra en la Figura 4.13 se encuentran en el Anexo B.

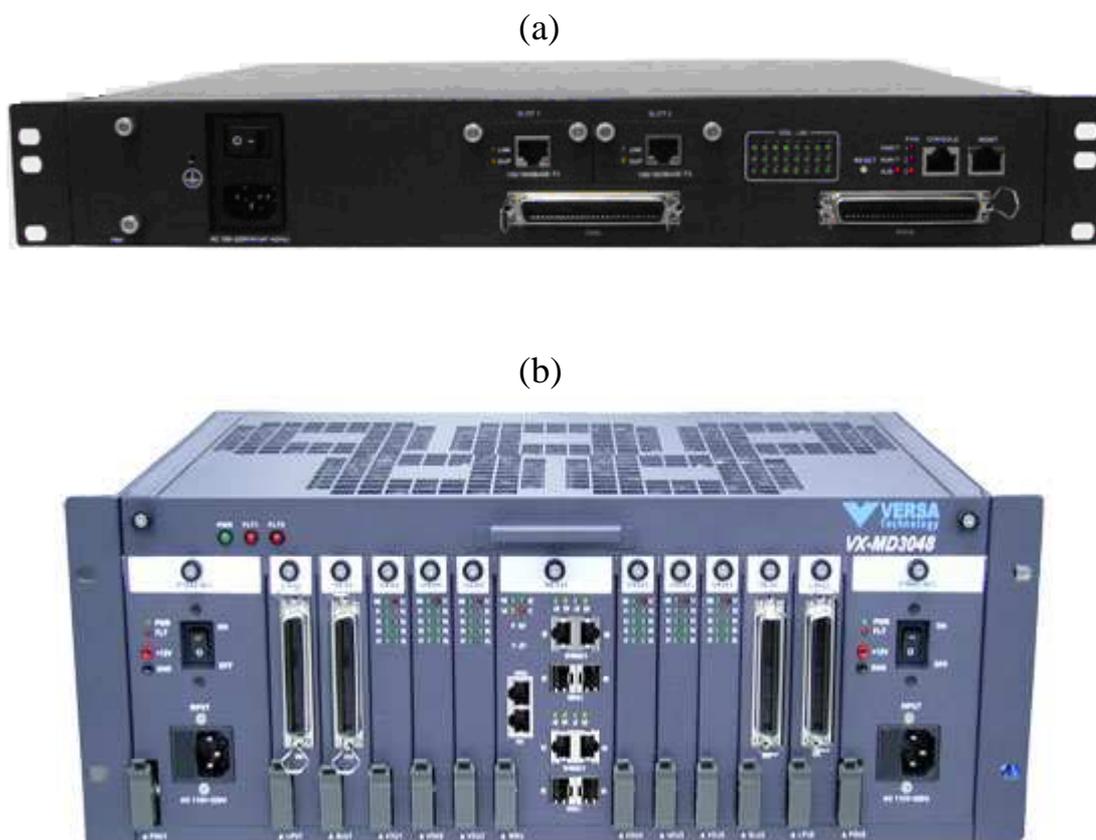


Figura 4.13 DSLAM IP VDSL2: (a) 24 puertos; (b) 48 puertos

En la Tabla 4.10 se presenta el presupuesto para DSLAM VDSL2.

⁹³ DSLAM VDSL2 de Versa Technology.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

PRESUPUESTO⁹⁴		
	Costo unitario⁹⁵	COSTO TOTAL = Costo unitario + Aranceles⁹⁶
DSLAM VDSL2	1950,00	Para red de acceso Gabriela Mistral (DSLAM 24 puertos): 1950 + 1950*0,25 = 2437,50
		Para red de acceso Mariana de Jesús (DSLAM 48 puertos): 3600 + 3600*0,25 = 4500,0
TOTAL		6937.50

Tabla 4.10 Presupuesto para DSLAM VDSL2

4.5.4.6 ODF (Optical Distribution Frame)

También se lo conoce como OFDF, es un equipo pasivo, al cual se acoplan los conectores de cada hilo de fibra.

Al ODF ubicado en el ISP llega la fibra óptica correspondiente al edificio Gabriela Mistral (6 hilos) y la del edificio Mariana de Jesús (6 hilos), por tanto este ODF debe poder albergar al menos 12 hilos. Cada uno de los edificios de tener en sus cuartos de telecomunicaciones un ODF de al menos 6 puertos.

En la Figura 4.14 se pueden visualizar algunos ODF.



Figura 4.14 Algunas clases de ODF

⁹⁴ El presupuesto y costos son aproximados y están expresados en dólares norteamericanos.

⁹⁵ Costo en Estados Unidos.

⁹⁶ Se estima aproximadamente el 25% en aranceles.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

En la Tabla 4.11 se indica el presupuesto para ODF.

PRESUPUESTO⁹⁷		
	Costo unitario	COSTO TOTAL
ODF (6 puertos)	110,00	Para red de acceso Gabriela Mistral: 110,00
		Para red de acceso Mariana de Jesús: 110,00
ODF (12 puertos)	190,00	Para el ISP: 190,00
TOTAL		410,00

Tabla 4.11 Presupuesto para ODF

4.5.4.7 Conectores de fibra óptica

Los conectores son los elementos que se sitúan en los extremos de las fibras ópticas.

En el mercado de las telecomunicaciones se encuentran distintos tipos de conectores de fibra óptica los más utilizados se citan a continuación:

- FC.
- LC.
- SC.
- ST.

⁹⁷ El presupuesto y costos son aproximados y están expresados en dólares norteamericanos.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

- MU.
- MTRJ.

4.5.4.7.1 Conector tipo FC

Es muy utilizado en redes de transporte para operadoras telefónicas, televisión por cable, etc., también es empleado en equipamiento de laboratorios.

En la Figura 4.15 se muestra el conector de tipo FC.



Figura 4.15 Conectores del tipo FC (www.fibercom.es)

4.5.4.7.2 Conector tipo LC

Es un conector para ser utilizado en todo tipo de entornos. Existen versiones simples (símplex) y dobles (dúplex).

En la Figura 4.16 se muestran dos conectores LC.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

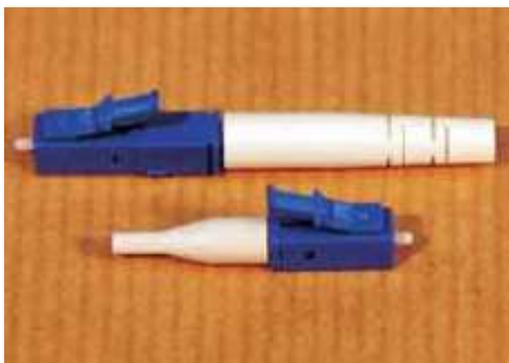


Figura 4.16 Conectores del tipo LC (www.fibercom.es)

4.5.4.7.3 Conector tipo SC

Es muy popular en redes de área local (LAN) y redes de transporte. Existen versiones simples y dobles.

En la Figura 4.17 se puede visualizar este conector.



Figura 4.17 Conectores del tipo SC (www.fibercom.es)

4.5.4.7.4 Conector tipo ST

El conector ST también es bastante común en redes de área local puesto que tiene una buena relación calidad-precio.

En la Figura 4.18 se puede observar este tipo de conector.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2



Figura 4.18 Conectores del tipo ST (www.fibercom.es)

4.5.4.7.5 Conector tipo MU

Este conector es utilizado en distribuidores facilitando la rápida conexión y desconexión. Existe en versiones simples.

En la Figura 4.19 se aprecia este tipo de conector.

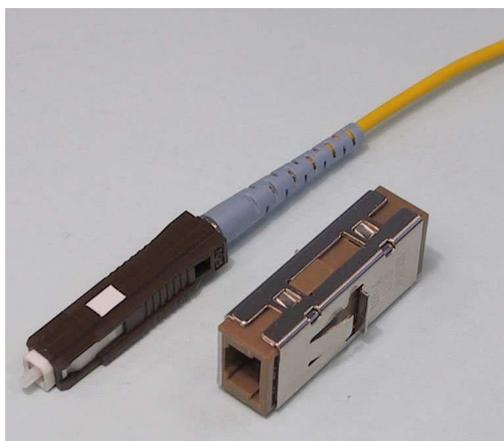


Figura 4.19 Conectores del tipo MU (<http://www.telnet-ri.es>)

4.5.4.7.6 Conector tipo MTRJ

Este tipo de conector para fibra óptica es muy parecido al conector RJ-45. Inicialmente fue desarrollado por la empresa AMP.

Este tipo de conector se emplea tanto en fibras monomodo como multimodo para fibras dobles.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

En la Figura 4.20 se tiene dos imágenes del conector MTRJ.



Figura 4.20 Conectores del tipo MTRJ (<http://esp.hyperlinesystems.com>)

Los equipos OLT y ONT utilizan puertos de fibra óptica para conectores tipo SC, sin embargo no se requiere tener conectores sueltos puesto que los patch cord de fibra óptica los llevan incluidos en sus extremos como se verá a continuación.

4.5.4.8 Patch Cord de fibra óptica y UTP

El patch cord de fibra es un cable que como su nombre lo indica es de fibra óptica utilizado para conexión intermedia, sirve para conectar un equipo con otro.

Los patch cords de fibra óptica en esta red de acceso se utilizarán para conectar el ODF con el ONT. De igual manera, en donde se encuentra ubicado el ISP se debe tener un patch cord que conecte el ODF instalado allí con el OLT.

Los patch cords de fibra óptica pueden ser monomodo o multimodo y en cada extremo tienen un conector, los mismos que pueden ser del mismo tipo o uno diferente del otro. Las longitudes también son muy variadas.

En la Tabla 4.12 se representan los principales tipos de patch cords para fibra óptica.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

	CABLE SIMPLEX	CABLE DUPLEX
MULTIMODO	ST-ST	ST-ST
	SC-SC	SC-SC
	ST-SC	ST-SC
	LC-LC	LC-LC
	LC-ST	LC-ST
	LC-SC	LC-SC
	FC-FC	FC-FC
	FC-ST	FC-ST
	FC-SC	FC-SC
	FC-LC	FC-LC
	SMA-SMA	MTRJ-ST
	MU-MU	MTRJ-SC
		MTRJ-FC
		MTRJ-LC
	MTRJ-MTRJ	
MONOMODO	ST-ST	ST-ST
	SC-SC	SC-SC
	ST-SC	ST-SC
	LC-LC	LC-LC
	LC-ST	LC-ST
	LC-SC	LC-SC
	FC-FC	FC-FC
	FC-ST	FC-ST
	FC-SC	FC-SC
	FC-LC	FC-LC
	MU-MU	MRTJ-ST
	MU-SC	MTRJ-SC
	MU-LC	MTRJ-FC
	MU-FC	MTRJ-LC
	MTRJ-MTRJ	

Tabla 4.12 Tipos de patch cord para fibra óptica de acuerdo al conector

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

Para la red de acceso se utilizarán patch cords SC-SC los mismos que conectarán el ODF con el equipo ONT, en el cuarto de telecomunicaciones de cada edificio se necesitará un patch cord de fibra óptica. También se requiere un patch cord en donde se encuentra ubicado el ISP para conectar el ODF con el OLT.

El patch cord UTP está constituido generalmente por cable UTP categoría 5e o categoría 6, en sus extremos tienen conectores RJ45. Sirven para interconectar equipos.

Para esta red de acceso se requieren 2 patch cords UTP categoría 6, los mismos que interconectarán a cada equipo ONT con su respectivo DSLAM.

En la Figura 4.21 se puede observar los patch cords de fibra óptica y UTP.

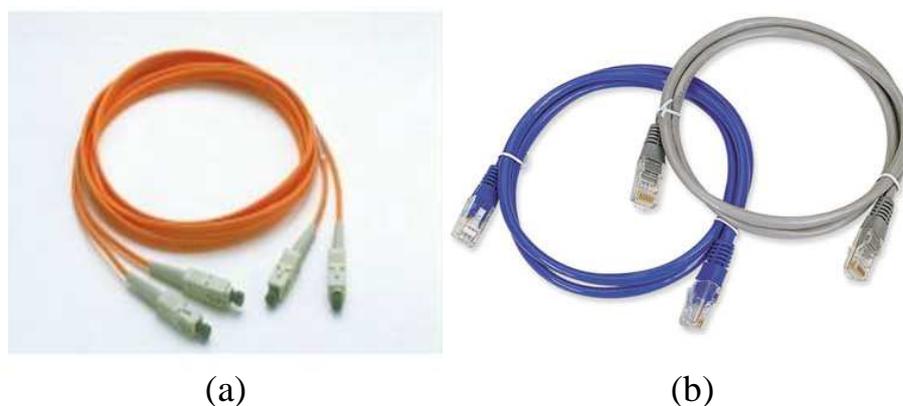


Figura 4.21 Patch cords⁹⁸: (a) fibra óptica; (b) cable UTP 5e

En la Tabla 4.13 se presenta el presupuesto por concepto de patch cords.

⁹⁸ www.compucanjes.com/prod_images/0000010715_1.jpg

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

PRESUPUESTO⁹⁹		
	Costo unitario	COSTO TOTAL
Patch cord fibra óptica SC-SC (2 m)	19,50	Para red de acceso Gabriela Mistral: 19,50*1 = 19,50
		Para red de acceso Mariana de Jesús: 19,50*1 = 19,50
		Para el ISP: 19,50*1 = 19,50
Patch cord UTP cat 6 (3m)	8,00	Para red de acceso Gabriela Mistral: 8,00*1 = 8,00
		Para red de acceso Mariana de Jesús: 8,00*1 = 8,00
TOTAL		74,50

Tabla 4.13 Presupuesto para patch cords

4.5.4.9 Rack

El rack sirve para albergar equipos electrónicos o de telecomunicaciones, puede tener forma de bastidor o estar expuesto sin recubrimiento alguno. Sus dimensiones están normalizadas para permitir la compatibilidad con los equipos independientemente de quien sea su fabricante.

Algunos racks (tipo armario) cuentan con uno o más ventiladores para evitar el recalentamiento de los equipos.

En la Figura 4.22 se puede apreciar algunos tipos de racks.

⁹⁹ El presupuesto y costos son aproximados, están expresados en dólares norteamericanos.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2



Figura 4.22 Algunos tipos de Racks¹⁰⁰

Para la red de acceso se necesitan 3 racks, uno para cada edificio y uno para el ISP.

En la Tabla 4.14 se presenta el presupuesto por concepto de racks.

¹⁰⁰ http://diretel.net/productos/imagenes_cableado/rack_01.jpg

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

PRESUPUESTO ¹⁰¹		
	Costo unitario	COSTO TOTAL
Rack Marca: Quest	163,97	Para red de acceso Gabriela Mistral: 163,97*1 = 163,97
		Para red de acceso Mariana de Jesús: 163,97*1 = 163,97
		Para ISP: 163,97*1 = 163,97
Bandejas ¹⁰²	15,59	Para red de acceso Gabriela Mistral: 15,59*4 = 62,36
		Para red de acceso Mariana de Jesús: 15,59*4 = 62,36
		Para el ISP: 15,59*2 = 31,18
TOTAL		647,81

Tabla 4.14 Presupuesto para racks y bandejas

4.5.4.10 UPS (*Uninterruptible Power Supply*)

El UPS es un dispositivo que provee energía eléctrica a equipos conectados a él, aun cuando la energía eléctrica no esté presente en los tomacorrientes, es decir, después de un “apagón”. El tiempo que suministra energía dependerá de la carga conectada y de las características del UPS.

Actualmente los UPS funcionan también como reguladores de voltaje, razón por la que pueden prolongar la vida útil de los equipos conectados a él. En la Figura 4.23 se puede visualizar tres UPS.

¹⁰¹ El Presupuesto y costos son aproximados y están expresados en dólares norteamericanos.

¹⁰² En cada edificio se requiere 4 bandejas para cada rack. El rack localizado en el lado del ISP requiere dos bandejas.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2



Figura 4.23 Algunos UPS¹⁰³

Para la red de acceso se necesita 3 UPS, uno en cada edificio y otro en donde se encuentra el OLT.

Para determinar el UPS se debe conocer la potencia de los dispositivos que se van a conectar. En la Tabla 4.15 se detallan las potencias de los equipos en cada caso.

	POTENCIA¹⁰⁴ (w)
En ed. Gabriela Mistral	Equipo ONT: 30
	DSLAM: 60
	TOTAL: 90
En ed. Mariana de Jesús	Equipo ONT: 30
	DSLAM: 60
	TOTAL: 90
En la ubicación del OLT	Equipo OLT: 300
	TOTAL: 300

Tabla 4.15 Detalle de la potencia de cada equipo

¹⁰³ www.firmesa.com

¹⁰⁴ Las potencias expresadas indican su valor máximo en vatios.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

De la Tabla 4.15 se puede concluir que los requerimientos en UPS son los siguientes: los que están ubicados en los edificios deben manejar una potencia de al menos 90 vatios, mientras que el que suministra energía eléctrica al equipo OLT debe tener la capacidad de proveer como mínimo 300 vatios.

Los equipos UPS existentes en el mercado, generalmente tienen capacidad de proveer 700 vatios en adelante, la red de acceso utilizará 3 UPS marca: POWERWARE, modelo: 9120, de manera que en caso de interrupción del servicio eléctrico provean por lo menos 3 horas de energía eléctrica.

En la Tabla 4.16 se detalla el presupuesto para UPS con el tipo de baterías requeridas en cada caso (con la carga conectada deben proveer la menos 3 horas de servicio en caso de interrupción de la energía en la red eléctrica).

PRESUPUESTO¹⁰⁵		
	Costo unitario	COSTO TOTAL
UPS Powerware Modelo: 9120	588,00	Para red de acceso Gabriela Mistral: 588,00*1=588,00
		Para red de acceso Mariana de Jesús: 588,00*1=588,00
	1114,62	Para el ISP: 1114,62*1=1114,62
TOTAL		2290,62

Tabla 4.16 Presupuesto para UPS

En el Anexo C.1 se puede ver el diseño de la red de acceso.

¹⁰⁵ El presupuesto y los costos son aproximados; están expresados en dólares norteamericanos.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

4.5.4.11 Modem VDSL2¹⁰⁶

El modem VDSL2 localizado en la vivienda u oficina del usuario le permite conectarse a Internet. Es un equipo que realiza la modulación/demodulación. La modulación es el proceso en el cual el modem recibe información digital y envía por la línea de cobre información analógica ya modulada. El proceso de demodulación en el modem es inverso al anterior, es decir, le llega por la línea de cobre información analógica que luego es convertida en información digital.

Para utilizar VDSL2 se requiere un modem apto para dicha tecnología. Los modems VDSL2 deben soportar altas tasas de transmisión de datos, teóricamente hasta 100 Mbps.

El MODEM VX-VEB165¹⁰⁷ se ajusta a los requerimientos técnicos. Emplea la modulación CAP/QAM.

En la Figura 4.24 se muestra un MODEM VDSL2.



Figura 4.24 MODEM VDSL2¹⁰⁸

En la Tabla 4.17 se presenta el presupuesto para los MODEMs VDSL2.

¹⁰⁶ El Modem propiamente no es parte de la red de acceso, se lo menciona por su importancia en la tecnología VDSL2.

¹⁰⁷ De la empresa Versa Technology.

¹⁰⁸ Versa Technology.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

PRESUPUESTO ¹⁰⁹		
MODEM VDSL2 VX-VEB165	Costo unitario ¹¹⁰	COSTO TOTAL = #¹¹¹*(Costo unitario + Aranceles¹¹²)
	79,00	Para red de acceso Gabriela Mistral: 8*(79 + 79*0,25) = 790,00
		Para red de acceso Mariana de Jesús: 23*(79 + 79*0,25) = 2271,25
TOTAL		3061,25

Tabla 4.17 Presupuesto para MODEMs VDSL2

4.5.4.12 *Splitters* o divisores¹¹³

El *Splitter* tiene un filtro pasa bajos que deja pasar la información telefónica (voz) hacia o desde el teléfono, posee también un filtro pasa altos que permite el paso de frecuencias altas que salen y llegan al modem. Gracias a ello la comunicación telefónica de voz no se ve afectada si al mismo tiempo existe transmisión de datos por la línea de cobre (par trenzado) desde o hacia el modem.

En la Figura 4.25 se presenta la localización y forma de conexión de un *Splitter* para tecnología VDSL2.

¹⁰⁹ El presupuesto así como los costos son aproximados y están expresados en dólares norteamericanos.

¹¹⁰ Costo en Estados Unidos.

¹¹¹ # representa el número de modems VDSL2 en cada edificio.

¹¹² Se estima aproximadamente el 25% en aranceles.

¹¹³ El *Splitter* VDSL2 propiamente no es parte de la red de acceso, se lo menciona por su importancia en VDSL2 y en general en las tecnologías xDSL. No se debe confundir con los *splitters* ópticos empleados como divisores en las PON.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2



Figura 4.25 Localización y forma de conexión de un *splitter* para VDSL2

Cada usuario tendrá un *Splitter*, en la Tabla 4.18 se aprecia el presupuesto por concepto de *Splitters*.

PRESUPUESTO¹¹⁴		
	Costo unitario	COSTO TOTAL = # *(Costo unitario)
Splitters	5,00	Para red de acceso Gabriela Mistral: 8*5 = 40,00
		Para red de acceso Mariana de Jesús: 23*5 = 115,00
TOTAL		155,00

Tabla 4.18 Presupuesto para *splitters*

¹¹⁴ El presupuesto así como los costos son aproximados y están expresados en dólares norteamericanos.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

4.6 PRESUPUESTO REFERENCIAL¹¹⁵

En la Tabla 4.19 se presenta el resumen de costos para la red de acceso para los edificios Gabriela Mistral y Mariana de Jesús.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO¹¹⁶	COSTO TOTAL¹¹⁶
Tendido de fibra óptica	-	-	4588,00¹¹⁷
Equipo OLT	1	5150,00	5150,00
Equipos ONT	2	675,00	1350,00
DSLAM (24 puertos)	1	2437,50	2437,50
DSLAM (48 puertos)	1	4500,00	4500,00
ODF (12 puertos)	1	190,00	190,00
ODF (6 puertos)	2	110,00	220,00
Patch cords (SC-SC)	3	19,50	58,50
Patch cords (UTP cat. 6)	2	8,00	16,00
Racks	3	163,97	491,91
Bandejas	10	15,59	155,90
UPS (100 w)	2	588	1176,00
UPS (300 w)	1	1114,66	1114,62
TOTAL			21448,43

Tabla 4.19 Presupuesto referencial y costos de distintos items para la red de acceso¹¹⁸

¹¹⁵ Horngren Charles, Foster George, Datar Srikant. Contabilidad de costos. Décima segunda edición, Pearson Educación, 2007.

¹¹⁶ El presupuesto referencial, así como los costos son aproximados y están expresados en dólares norteamericanos.

¹¹⁷ Incluye el total de fibra óptica empleada, costos de instalación por mano de obra y arrendamiento de postes a la EEQ.

CAPÍTULO 4 – Red de acceso con FTTB para aplicar tecnología VDSL2

Es importante tomar en cuenta que no se presenta presupuesto por concepto de cableado de cobre, debido a que las tecnologías xDSL fueron diseñadas para utilizar los cableados existentes.

A continuación se presenta en la Tabla 4.20 el presupuesto para modems y *splitters* que se encuentran localizados en la instalación del usuario, sea vivienda, oficina o local comercial.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL ¹¹⁹
MODEMS VDSL2	31	98,75	3061,25
SPLITTERS	31	5,00	155,00
TOTAL			3216,25

Tabla 4.20 Presupuesto para equipos ubicados en la instalación del usuario

¹¹⁸ Incluye ambos edificios.

¹¹⁹ El presupuesto y los costos son aproximados; están expresados en dólares norteamericanos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objeto del presente Capítulo es presentar las conclusiones más importantes de este proyecto y mencionar las recomendaciones pertinentes con relación a las tecnologías en cuestión.

5.1 CONCLUSIONES

- Debido al avance en telecomunicaciones han surgido nuevas tecnologías capaces de proveer a los usuarios mejores servicios, siendo FTTB y VDSL2 una buena alternativa para acceder a aplicaciones que requieren banda ancha.
 - La tecnología FTTB es un complemento para VDSL2, al basarse en fibra óptica brinda las ventajas que esta ofrece como son: bajos niveles de atenuación, inmunidad a ruido e interferencias, altas tasas de transmisión de datos.
 - FTTB permite alcanzar distancias de hasta 20 km sin necesidad de amplificadores o regeneradores, reduciendo de esta manera los costos de implementación y mantenimiento, es decir, las redes de acceso que emplean esta tecnología son redes ópticas pasivas, razón por la cual es una buena alternativa en redes de área local o metropolitanas.
 - Para implementación en edificios FTTB es menos costosa que FTTH básicamente porque utiliza el cableado de cobre existente en los edificios. Es decir hay un considerable ahorro por concepto de fibra óptica.
-

CAPÍTULO 5 – Conclusiones y Recomendaciones

- Una de las principales ventajas que presentan las tecnologías xDSL, entre ellas VDSL2, es que utiliza el cableado de cobre existente, lo que implica una reducción en los costos, pues caso contrario significaría implementar un nuevo cableado.
 - VDSL2 es capaz de ofrecer al usuario altas velocidades de transmisión de al menos 1 Mbps en sentido descendente, permitiéndole acceder a servicios como *triple play* (voz, datos y video).
 - La tecnología VDSL2 supera por mucho a sus antecesoras como ADSL, debido a las altas velocidades de transmisión que soporta, hasta 100 Mbps tanto en sentido ascendente como descendente.
 - FTTB y VDSL2 no presentan una reducción significativa en la velocidad de transmisión por efecto de la longitud del cableado de cobre, debido a que ésta representa unas cuantas decenas de metros, esto debido a que el DSLAM se encuentra en el edificio de usuarios, lo que representa una ventaja bastante importante frente a ADSL.
 - El tendido de fibra óptica aérea es una alternativa importante, al menos dentro de la Ciudad de Quito, debido a que la implementación de ductos subterráneos representan una fuerte inversión. El alquiler de ductos en la actualidad no es factible debido a que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, que cuenta con dicha infraestructura no los arrienda. Por el contrario, la Empresa Eléctrica Quito da la posibilidad de arrendamiento de postes para tendido de fibra óptica.
 - Desde el punto de vista económico la implementación de este tipo de redes de acceso no son mucho más costosas que aquellas que utilizan íntegramente cobre. Si bien es cierto, los costos por concepto de fibra óptica son superiores al cobre, se compensan en cierto modo por ser redes pasivas que no involucran regeneradores o amplificadores de señal.
-

CAPÍTULO 5 – Conclusiones y Recomendaciones

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los entes regulatorios y de control en el campo de las telecomunicaciones en el Ecuador, expidan normativas técnicas y legales, ajustadas a la realidad del país, basadas en estándares internacionales en relación con tecnologías FTTx y xDSL que faciliten su implementación y fiscalización de ser necesario.
 - Es importante que las Instituciones encargadas de la regulación y control en el sector de telecomunicaciones a nivel nacional diseñen políticas o normativas tendientes a fomentar el desarrollo de este tipo de tecnologías, limitando por ejemplo los monopolios de grandes empresas de telecomunicaciones en beneficio de las medianas y pequeñas.
 - Para optimizar los costos de la red de acceso con FTTB y VDSL2 se debe utilizar topologías en árbol, conectando *splitters* en las terminales de la fibra óptica principal con el objeto de llegar a otros edificios aledaños incrementando de esta manera el número de usuarios.
 - Estas tecnologías deben estar orientadas a lugares en los cuales los clientes tengan el suficiente poder adquisitivo para contratar los servicios que justifican la utilización de FTTB y VDSL2.
 - El Estado debe promover la capacitación dentro del campo tecnológico en todas sus áreas, de tal manera que exista personal apto para la instalación, mantenimiento, reparación de este tipo de redes de acceso y en general de todo tipo de tecnologías. Así mismo es importante que los operadores de servicios cuenten con gente idónea para brindar el mejor servicio posible.
-

LISTA DE ACRÓNIMOS

ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i> - Línea digital asimétrica de abonado.
ADSL2	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line 2</i> - Línea digital asimétrica de abonado 2.
ADSL2+	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line 2 Plus</i> - Línea digital de abonado asimétrica 2 plus.
ADSS	<i>All Dielectric Self Supported</i> - Totalmente dieléctrico auto soportado.
APON	ATM PON.
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i> - Modo de transferencia asíncrona.
AWG	<i>American Wire Gauge</i> - Calibre de alambre estadounidense
BPON	<i>Broadband</i> PON.
CAATEL	Comité Andino de Autoridades de Telecomunicaciones.
CAP	<i>Carrierless Amplitude/Phase Modulation</i> - Modulación de fase y amplitud sin portadora.
CCITT	Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico.
CITEL	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones.
CNT	Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
CONARTEL	Consejo Nacional de Radio y Televisión.
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones.
CWDM	<i>Coarse Wavelength Division Multiplexing</i> - Multiplexación por división de longitud de onda gruesa.
dB	Decibelios.
DMT	<i>Discrete Multi Tone</i> - Modulación por multitono discreto.
DS1	Corresponde a la primera banda de bajada.
DS2	Se asigna para la segunda banda de bajada.
DSLAM	<i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer</i> - Multiplexor digital de acceso a la línea de abonado.
DWDM	<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i> - Multiplexación por división de longitud de onda densa.
ECSA	<i>Exchange Carriers Standard Association</i> .
EIA	<i>Electronic Industries Association</i> - Asociación de Industrias Electrónicas.

LISTA DE ACRÓNIMOS

EPON	Ethernet PON.
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i> - Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones.
FCC	<i>Federal Communications Commission</i> - Comisión Federal de las Comunicaciones.
FDD	<i>Frequency Division Duplex</i> - Duplexación por división de frecuencias.
FDM	<i>Frequency Division Multiplexing</i> - Multiplexación por división de frecuencia.
FDDI	<i>Fiber Distributed Data Interface</i> - Interfaz de datos distribuida por fibra.
FEXT	<i>Far End Crosstalk</i> - Diafonía de extremo lejano.
FTP	<i>Foiled Twisted Pair</i> - Par trenzado apantallado.
FTTB	<i>Fiber To The Building</i> - Fibra hasta el edificio.
FTTC	<i>Fiber To The Curb</i> - Fibra hasta la acera.
FTTCab	<i>Fiber To The Cabinet</i> - Fibra hasta el gabinete.
FTTH	<i>Fiber To The Home</i> - Fibra hasta el hogar.
FTTN	<i>Fiber To The Neighborhood</i> - Fibra hasta el vecindario.
Gbps	Giga bits por segundo.
GPON	Gigabit PON.
HDSL	<i>High Bit Rate Digital Subscriber Line</i> - Línea digital de abonado de alta velocidad.
HDTV	<i>High Definition Television</i> - Televisión de alta definición.
HFC	<i>Hybrid Fibre Coaxial</i> - Híbrido de fibra y coaxial.
ISDL	<i>ISDN Digital Subscriber Line</i> - Línea digital de abonado ISDN.
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> - Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
INP	Protección contra el ruido impulsivo.
IP	<i>Internet Protocol</i> - Protocolo de Internet.
ISDN	<i>Integral Services Digital Network</i> - Red digital de servicios integrados.
ISP	<i>Internet Service Provider</i> - Proveedor de servicios de Internet.

LISTA DE ACRÓNIMOS

ITU	<i>International Telecommunications Union</i> - Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).
ITU-D	Sector de Desarrollo de la ITU.
ITU-R	Sector de Radiocomunicaciones de la ITU.
ITU-T	Sector de Normalización de la ITU.
Mbps	Mega bits por segundo.
MPCP	<i>Multi-Point Control Protocol</i> - Protocolo de control multipunto.
NEXT	<i>Near end crosstalk</i> - Diafonía de extremo cercano.
OEA	Organización de Estados Americanos.
OLT	<i>Optical Line Terminal</i> - Terminal de línea óptica.
ONT	<i>Optical Network Terminal</i> - Terminal de red óptica.
ONU	<i>Optical Network Unit</i> - Unidad de red óptica.
ONU	Organización de las Naciones Unida.
PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> - Jerarquía digital plesiócrona.
PON	<i>Passive Optical Network</i> - Red óptica pasiva.
POTS	<i>Plain Old Telephone Service</i> - Servicio telefónico ordinario o tradicional.
PPM	<i>Pulse Position Modulation</i> - Modulación de posición del pulso.
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i> - Red telefónica pública conmutada.
PVC	<i>Polyvinyl Chloride</i> - Policloruro de vinilo.
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> - Modulación de ancho de pulso.
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i> - Modulación por amplitud en cuadratura.
RD	Rango dinámico, diferencia entre la amplitud máxima y mínima de la señal original.
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados, en inglés ISDN.
RRATM	Rapidez de adaptación.
SC	<i>Set and Connect (Straight Connection)</i> .
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i> - Jerarquía digital síncrona.
SDSL	<i>Symmetric Digital Subscriber Line</i> - Línea digital de abonado simétrica.

LISTA DE ACRÓNIMOS

SENATEL	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.
SHDSL	<i>Single Pair High Speed Digital Subscriber Line</i> - Línea digital de abonado de un solo par de alta velocidad.
SMS	<i>Subscriber Management System</i> - Sistema de administración de suscriptor.
SONET	<i>Synchronous Optical Network</i> - Red óptica sincrónica.
SQR	Error de aproximación o error de cuantificación.
SRA	Tasa de adaptación sin discontinuidad.
ST	<i>Straight Tip</i> .
STP	<i>Shield Twisted Pair</i> - Par trenzado blindado.
STS-1	<i>Synchronous Transport Signal level 1</i> - Módulo de transporte síncrono.
SUPERTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones.
TDM	<i>Time Division Multiplexing</i> - Multiplexación por división de tiempo.
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i> - Acceso múltiple por división de tiempo.
TDM-PON	<i>Time Division Multiplexing</i> - Multiplexación por división de tiempo PON.
TIA	<i>Telecommunications Industry Association</i> - Asociación de Industrias de Telecomunicaciones.
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i> - Suministro de energía ininterrumpida.
US1	Es la primera banda en el sentido de subida.
US2	Es la segunda banda en el sentido de subida.
UTP	<i>Unshield Twisted Pair</i> - Par trenzado no blindado.
VDSL	<i>Very High Bit Rate Digital Subscriber Line</i> - Línea digital de abonado de muy alta velocidad.
VDSL2	<i>Very High Bit Rate Digital Subscriber Line 2</i> - Línea digital de abonado de muy alta velocidad 2.
VoD	<i>Video on Demand</i> - Video bajo demanda.
WDM	<i>Wavelength Division Multiplexing</i> - Multiplexación por división de longitud de onda.

LISTA DE ACRÓNIMOS

WLL	<i>Wireless Local Loop</i> - Bucle local inalámbrico.
xDSL	<i>x Digital Subscriber Line</i> - Tecnologías de línea digital de abonado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DE INTERNET

LIBROS:

- [1] Ansuátegui Roig Francisco Javier. Poder, ordenamiento jurídico, derechos. Primera edición, editorial Dykinson, 2000.
 - [2] Aulestia Hugo. Marco regulatorio del sector de las telecomunicaciones. EPN, 2005.
 - [3] Barba Molina Lorena Gisela. Diseño de una red de acceso de fibra óptica para atender a los clientes de ANDINATEL S.A. en los edificios ubicados en la Avenida República del Salvador pertenecientes a la Central Iñaquito. Escuela Politécnica Nacional, 2008.
 - [4] Chinlon Lin. Broadband optical access Networks and fiber to the home: systems technologies and deployment strategies. Primera edición, Wiley, 2006.
 - [5] Domingo Peña Joan, Gámiz Caro Juan. Comunicaciones en el entorno industrial. Primera edición, editorial UOC, 2003.
 - [6] España Boquera María del Carmen. Servicios avanzados de telecomunicación. Ediciones Díaz de Santos, 2003.
 - [7] Huidobro José, Roldán David. Redes y Servicios de Banda Ancha. Primera edición, McGraw-Hill, 2004.
 - [8] ITU-T recomendación G.993.1. Junio 1999.
 - [9] ITU-T recomendación G.993.2. Febrero 2006.
 - [10] Jiménez Gerardo. Redes y cableado estructurado. Primera edición, Ritisa Graff, 2005.
 - [11] Pastor Avellán Daniel, Ramos Pascual Francisco, Capmany Francoy José. Sistemas de comunicaciones ópticas. Universitat Politècnica de Valencia, 2007.
 - [12] Tomasi Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Cuarta edición, Prentice Hall, 2003.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DE INTERNET

INTERNET:

- [13] <http://www.ramonmillan.com/tutorialeshtml/gpon.htm>
 - [14] www.fibercom.es
 - [15] <http://es.wikipedia.org/wiki/GPON>
 - [16] http://es.wikipedia.org/wiki/Triple_play
 - [17] http://www.com.uvigo.es/~jfraile/asig_CO/PDH-SDH.pdf
 - [18] http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_Digital_Plesi%C3%B3crona
 - [19] <http://es.wikipedia.org/wiki/STM-1>
 - [20] <http://es.wikipedia.org/wiki/SONET>
 - [21] <http://voip.megawan.com.ar/doku.php/t1>
 - [22] http://es.wikipedia.org/wiki/Multiplexaci%C3%B3n_por_divisi%C3%B3n_de_frecuencia
 - [23] http://www.com.uvigo.es/~jfraile/asig_CO/PDH-SDH.pdfçç
 - [24] <http://www.adslayuda.com/vdsl.html>
 - [25] http://www.fcc.gov/cgb/broadband_spanish.html
 - [26] <http://docente.ucol.mx/al021527/Practica%203.4.htm>
 - [27] <http://www.ramonmillan.com/documentos/cwdm.pdf>
 - [28] http://books.google.com.ec/books?id=53i69LV2ETsC&pg=PA929&dq=dwdm&sig=hprg4bM7wJoN_HusABz7NHC8s8w#PPA929,M1
 - [29] <http://www.ramonmillan.com/documentos/cwdm.pdf>
 - [30] <http://www.supertel.gov.ec/>
 - [31] <http://actualicese.com/editorial/2002/0244.htm>
 - [32] http://www.supertel.gov.ec/PDF/Ley_Teleco_reforma.pdf
 - [33] http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&catid=25%3Ainformacion-corporativa&id=20%3Ahistoria-de-las-telecomunicaciones-en-el-ecuador&Itemid=78
 - [34] <http://www.conartel.gov.ec/web/guest/marcolegal>
 - [35] http://www.asambleanacional.gov.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=16341&Itemid=159
 - [36] <http://www.tribunalconstitucional.gov.ec/documentos/SuscripcionesRO.pdf>
 - [37] http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DE INTERNET

- [38] <http://www.arkhaios.com/acercade/organismos.htm>
 - [39] <http://www.itu.int/net/about/index-es.aspx>
 - [40] http://74.125.47.132/search?q=cache:U_VFihXHuOIJ:www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D847%26Itemid%3D+servicio+portador&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec
 - [41] <http://www.neoconsultores.com/index.php?tabla=6>
 - [42] http://es.wikipedia.org/wiki/Instalaci%C3%B3n_a%C3%A9rea_de_fibra_%C3%B3ptica
 - [43] http://www.ftth-china.com/optical_fiber_cable_adss.htm
 - [44] <http://www.voltimum.es/news/1397/infopro/Tendidos-de-hasta-2-km-por-dia-e-fibra-optica-subterranea-sin-zanjas--El-cable-Headrow-y-la-optimizacion-de-costes--PRYSMIAN%20CABLES%20Y%20SISTEMAS,%20S.L..html>
 - [45] http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_fibra_%C3%B3ptica
 - [46] http://www.ccquito.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=225
-

ANEXO A - Resumen y alcance de la Recomendación UIT-T G.993.2

Recomendación UIT-T G.993.2

Transceptores de línea de abonado digital de velocidad muy alta 2

Resumen

Esta Recomendación es una tecnología de acceso que utiliza la estructura existente de hilos de cobre instalados inicialmente para el servicio telefónico ordinario. Puede instalarse a partir de centrales, armarios con conexión de fibra situados cerca de las instalaciones del cliente, o dentro de un edificio. Esta Recomendación es una mejora de la Rec. UIT-T G.993.1 [1] que soporta la transmisión asimétrica y simétrica con velocidades netas de transmisión de datos bidireccionales que pueden alcanzar 200 Mbit/s en pares trenzados y utilizando un ancho de banda de hasta 30 MHz.

Alcance

Esta Recomendación es una mejora de la Rec. UIT-T G.993.1 [1] que soporta la transmisión a una velocidad bidireccional neta (la suma de las velocidades en sentido ascendente y descendente) que puede alcanzar 200 Mbit/s en pares trenzados. Esta Recomendación es una tecnología de acceso que utiliza la infraestructura existente de hilos de cobre instalados inicialmente para el servicio telefónico ordinario.

Esta Recomendación sólo especifica la modulación por multitono discreto (DMT, *discrete multi-tone*) e incorpora componentes de las Recs. UIT-T G.993.1 (VDSL) [1], G.992.3 (ADSL2) [10] y G.992.5 (ADSL2plus) [11].

El servicio telefónico ordinario utiliza aproximadamente los primeros 4 kHz, el ADSL aproximadamente 2 MHz del espectro del hilo de cobre, y esta Recomendación puede utilizar hasta 30 MHz del espectro. Esta Recomendación puede instalarse a partir de una central, un armario con conexión de fibra situado cerca de las instalaciones del cliente o dentro de un edificio.

La disponibilidad del ancho de banda hasta 30 MHz permite conseguir una transmisión fiable con alta velocidad de datos sobre bucles cortos con esta Recomendación. Sin utilizar la banda US0, esta Recomendación debería funcionar de forma fiable sobre bucles de la longitud especificada en la Rec. UIT-T G.993.1 [1] o ligeramente más largos, porque la codificación reticular es obligatoria. Con el complemento de la banda US0 y procedimientos para ajustar compensadores de eco y ecualizadores de dominio temporal (TEQ, *time-domain equalizers*), esta Recomendación también puede funcionar de forma fiable en bucles de hasta 2500 metros de hilo de calibre AWG 26 (0,4 mm).

Esta Recomendación especifica muchos valores para distintos parámetros (como el ancho de banda o la potencia del transmisor) que podría soportar el transceptor. Por tanto, en esta Recomendación se especifican distintos perfiles de

ANEXO A - Resumen y alcance de la Recomendación UIT-T G.993.2

transceptores, cada uno de los cuales soporta un subconjunto de los valores permitidos y todos son conformes a esta Recomendación. La especificación de distintos perfiles reduce la complejidad de la aplicación y los proveedores pueden crear implementaciones adaptadas específicamente a las necesidades. Algunos perfiles son más apropiados para los servicios con velocidad de transmisión de datos asimétrica, y otros para los servicios con velocidad de transmisión de datos simétrica.

Los anexos a esta Recomendación contienen planes de bandas de frecuencias y máscaras de densidad espectral de potencia (PSD, *power spectral density*) para las necesidades particulares de cada región.

Como la Rec. UIT-T G.993.1 [1], esta Recomendación define una reducción de la potencia en el sentido ascendente (UPBO, *upstream power back-off*) para atenuar el efecto de diafonía del extremo distante (FEXT, *far-end crosstalk*) causado por la transmisión sobre bucles de longitud diferentes en sentido ascendente. Se utiliza el mismo mecanismo descrito en la Rec. UIT-T G.993.1 [1].



FIBRA ÓPTICA
PARA PROFESIONALES

Conectores

SC



Aplicaciones

Los CONECTORES son elementos situados en los extremos de las fibras ópticas, imprescindibles para la utilización y correcta administración de las redes de fibra óptica.

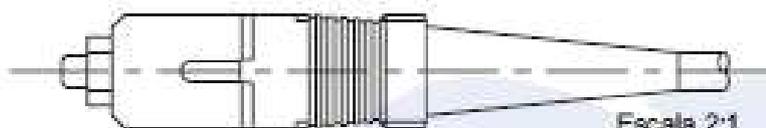
Fibercom suministra CONECTORES para su montaje directo sobre fibras ópticas. Están indicados tanto para la confección de cordones, como para la terminación de las fibras de los cables instalados. La sujeción se realiza por medio de adhesivo anaeróbico.

Descripción

El CONECTOR SC es el más popular tanto en LAN como en redes de transporte: operadoras de telefonías, CATV...

Existen versiones simples y dobles codificadas por colores según prestaciones conforme a reglamentación internacional.

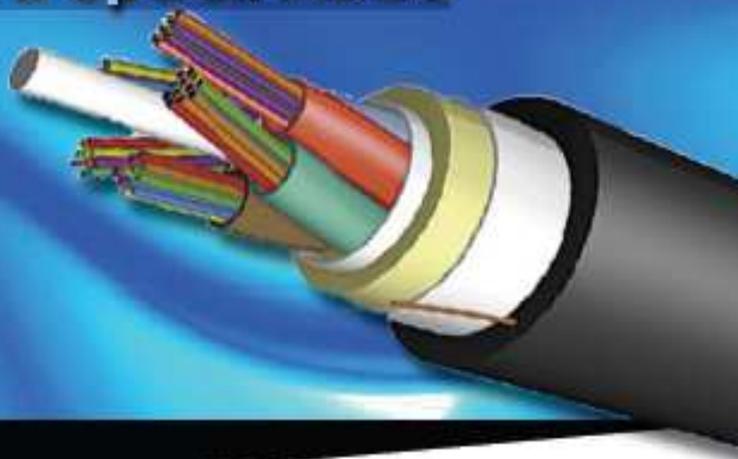
Características Técnicas



Codificación

F/C AAA - BBB - CC DD			
AAA: Tipo de conector ST = conector ST SC = conector SC SC-D = conector SC-D FC = conector FC SN = conector ESCÓN LC = conector LC LCD = conector LCD	BBB: Tipo de pulido de conector PC = Pulido PC APC = Pulido APC	CC: Diámetro de recubrimiento del cable de FO 89 = 900 micras 30 = 3 mm 20 = 2 mm 50 = 5 mm	DD: Tipo de fibra óptica SM = Monomodo MM = Multimodo

Cable de fibra óptica ADSS



www.multicominc.com

PRODUCTOS DE CALIDAD DE MULTICOM

Características principales

La línea completa de cables ópticos auto-sustentados totalmente dieléctricos (ADSS - All-Dielectric Self-Supporting) de Multicom satisface las necesidades de demanda en los ámbitos de transmisión y distribución de cable.

Este cable de alta capacidad ofrece bastante flexibilidad para ser instalado en torres de transmisión elevadas, eliminando así la necesidad de un mensajero.

- Servicios de utilidad rurales alistados (RUS - Rural Utilities Services)
- Monomodo o multimodo
- Diferentes tipos de Spans disponibles

Componentes del cable

Chaqueta externa (o revestimiento externo) de polietileno

Cinta

Elemento de tracción en hilos de aramida

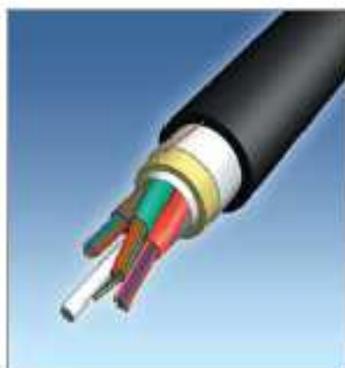
Tubo separador

Miembro central de fibra óptica con refuerzo plástico (FRP- fiber reinforced plastic)

Sistema para bloqueo de agua

Tubo tipo "loose buffer" con gel (2 a 12 hilos ópticos/tubo)





ADSS Mini-Span® 323

Dry Core Design

Typical Spans with 1.5% Installation Sag

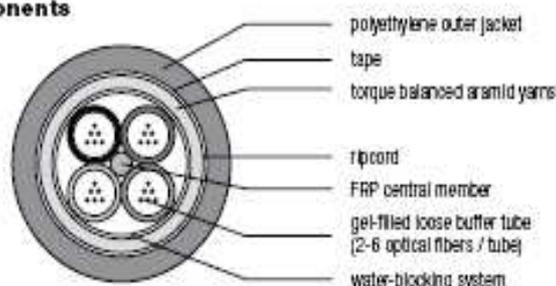
- NESC Heavy 175 ft (53 meters)
- NESC Medium 300 ft (91 meters)
- NESC Light 500 ft (152 meters)

(NOTE: Larger spans can be achieved with installation sag greater than 1.5%)

Temperature Range

- Operating - 40°C to + 70°C
- Storage - 50°C to + 70°C
- Installation - 30°C to + 70°C

Cable Components



Mechanical Data

FIBER COUNT	NOMINAL DIAMETER		NOMINAL WEIGHT		MAXIMUM LENGTHS*			
	INCHES	MM	LBS/1000'	KG/KM	SINGLE-MODE		MULTIMODE	
					FEET	METERS	FEET	METERS
2-24	0.323	8.2	95	53	32,800	10,000	26,250	8,000

* Longer lengths may be available upon request.

Installation Information

MAXIMUM SAGGING TENSION		MAXIMUM LOADING OPERATING TENSION		MINIMUM BENDING RADIUS (DYNAMIC)		MINIMUM BENDING RADIUS (STATIC)	
LBS	N	LBS	N	INCHES	CM	INCHES	CM
147	654	374	1666	7	17	3.5	8.5

Optical Information

PARAMETERS	SINGLE-MODE (1310nm/1550nm)	MULTIMODE *62.5/125µm (850nm/1300nm)	MULTIMODE 50/125µm (850nm/1300nm)
Maximum Attenuation (dB/km)	0.40/0.30	3.5/1.2	3.5/1.2
Bandwidth (MHz-km)	n/a	200/600	500/500

*All 62.5/125 µm multimode ADSS cable transmission performances meet or exceed FDDI requirements.
Premium transmission performance fibers available on request.



Standard Cables

Applications

- Equipment Interconnects
- High speed data transfer
- Telecom network
- Security connections
- Testing

Features

- Simplex or duplex assemblies
- Riser or plenum rated
- Low Insertion Loss
- -35 to -65db return loss
- Custom lengths and colors
- All fiber types and wavelengths
- PC, UPC, and APC polish types
- FC, SC, ST, LC, MU, and MT-RJ terminations

Benefits

- On-site, precision manufacturing
- Guaranteed customer satisfaction
- Reliable and 100% tested
- Limitless customization

Learn
MORE
Online:
www.timbercon.com



Fiber optic cables from Timbercon: the innovative approach to light speed connections.

From raw materials to our on-site manufacturing facilities, we utilize only premium products coupled with generations of industry expertise to produce products that proudly bear the Timbercon name.

Timbercon standard fiber optic cables are designed to allow a wide range of flexibility in usage and application. All standard cables are available in simplex or duplex, singlemode or multimode fiber, and a variety of connector types to ensure compatibility with existing cabling and/or hardware.

Timbercon cables are highly customizable, allowing any part of the cable to be modified to fit customer defined requirements. From industry standard patch cords to custom designed, built, and tested cables, Timbercon delivers premium solutions for all your cable requirements.

Performance Specifications

Insertion Loss (typical)	SM	MM
FC, ST, SC, LC, MU	0.15dB	0.35dB
MTRJ	0.3dB	0.3dB

Back Reflection (typical)	≤-55dB	≤-20dB
Mating durability (see cycle)	<0.2dB	<0.2dB
Temperature Range	-40°C to 85°C	-40°C to 85°C

Construction Specifications

	Buffer	Strength Member	Jacket
900µm	900µm	-	PVC
3mm Riser	900µm	Kevlar	PVC
3mm Plenum	900µm	Kevlar	PVC

Length Tolerance	<1m: +5cm / -0cm
	1m - 10m: +10cm / -0cm
	>10m: ±2% / -0%


VX-EP3108 GE-PON OPTICAL LINE TERMINAL SPECIFICATIONS:

Parameter	Specifications	
Throughput and Switching Capacity	24 Gbps maximum forwarding bandwidth at Layer 2 and Layer 3 Multi-layer and non-blocking gigabit Ethernet switch securing 48Gbps and 70MPPS Packet flow control supporting 9KB jumbo frame	
Dimension	19"(W) x 88mm(H) x 255mm(D)	
Interface	SNI	4 port 1000Base-SX/LX/LH
	ODN	max. 8 PONs (4 PONs per module, max. 2 modules) Triple wavelength plan: Downstream 1490nm, Upstream 1310nm (Optional 1550nm) Split ratio and reach -16 to 32 -10Km to 20Km
	CATV Overlay	RF video transmission over the optional wavelength of 1550nm
Protocol and Services	Tag-based and port-based VLAN, Link aggregation (802.1ad) 802.1p CoS, ToS/Diffserv, 802.3x flow control MAC filtering, IP filtering, DHCP filtering, NetBEUI, NETBIOS, NBT filtering DHCP Server and Relay IGMP snooping, IGMP, PIM-SM Static routing, RIP, OSPF Broadcast storm control Rate limiting Stacking (intra and inter-shelf) and Single IP Management Dynamic DBA	
Security and Network Management	128bits AES, IEEE802.1x authentication SNMP for embedded agent, EMS supporting Java based GUI and CLI Link monitoring, Fault detection and isolation, Remote download, Loopback test Craft interface: RS-232 async or Ethernet (10Base-T)	
Power Assumption	-48 VDC A, B 90 VAC~260 VAC, 50Hz~60Hz	
Environmental Conditions	Temperature: 0°C ~ 50°C Humidity: 5% ~ 90%	

AN5006-06

GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) Equipment
1U PIZZA BOX ONU (Optical Network Unit)



AN5006-06 is a 1U pizza box GEPON equipment. It provides 2 GEPON ports (optional) to enable 1:1 protection to guarantee customers' data safety, 4 E1 (G.703) interfaces can provide 2M lease line or $N \times 64K$ DDN lease line access. The target is FTTO for enterprise user access. It also provides 8 POTS interfaces. TDM, data and other services can be achieved in one optical fiber.

Key Benefits

- > Provides 1 or 2 (optional) GEPON port, 4 E1 ports, 4 10/100BASE-TX ports, 8 POTS ports (optional)
- > Multi LLD function support. Supports 4 LLD to guarantee the quality of different services.
- > Supports OAM and local management.
- > Supports 802.1p priority, 802.1q VLAN

- FULL COMPLY TO IEEE802.3AH GEPON STANDARD
- PLUG AND PLAY
- SUPPORT E1 SERVICE
- MULTIPLE LLD SUPPORT FOR MULTI-SERVICE
- ADVANCED L2 FUNCTION
- REMOTE MANAGEMENT

VX-MD3024

100Mbps VDSL Access Multiplexer



Features

- **VDSL Line Capabilities**
 - STP (Set of Transmission Parameter)
 - RFI Notching
 - UPBO (Upstream Power Back-Off)
 - ADSL Friendly
 - ISDN Friendly
- **IEEE Standards**
 - IEEE 802.1D STP
 - IEEE 802.1p QoS
 - IEEE 802.1Q VLAN
 - IEEE 802.1w RSTP
 - IEEE 802.3 CSMA/CD
 - IEEE 802.3ad Link Aggregation
 - IEEE 802.3u 100Base-X Fast Ethernet
 - IEEE 802.3x Flow Control
- **IETF Standards**
 - RFC 768 UDP
 - RFC 783 TFTP
 - RFC 791 IP
 - RFC 792 ICMP
 - RFC 854 Telnet
 - RFC 862 ARP (Snoop supported)
 - RFC 1157 SNMP v1
 - RFC 1213 MIB-2
 - RFC 1354 IP Forwarding MIB
 - RFC 1757 RMON
 - RFC 1902 SNMP v2
 - RFC 2131 DHCP Server
 - RFC 2132 DHCP Option
 - RFC 2236 IGMP v2 (Snoop & Proxy supported)
 - RFC 3046 DHCP Relay (Snoop supported)
- **Filtering**
 - NetBEUI/NetBIOS
 - IP Filtering: Src IP/Port, Dest IP/Port, IHL, VLAN ID
 - MAC Filtering: Ethernet type, Src MAC, Dest MAC
 - DHCP Snooping
 - IGMP Snooping
- **Console port**
 - Local: RS-232C 2ports
 - Remote: RFC 854 Telnet
- **LED**
 - System: Power, Ready, Alarm, Fault
 - Up-link Module: Link/Act
- **System Management**
 - Security and Configuration
- **Configuration Management**
 - Configuration setting
 - Configuration status retrieval
 - Software upgrade and download
 - Default configuration
- **Performance Management**
 - VDSL line rate retrieval
 - Ethernet link rate retrieval
- **Fault Management**
 - Automatic alarm and status report/notification
 - Alarm and event history
 - LED indication and acoustic alarm

VX-MD3024

Reach-Extended VDSL Access...

Specifications

PARAMETERS		SPECIFICATIONS
Dimension	Physical	<ul style="list-style-type: none"> 450(W) x 66mm(H) x 300(D)mm, Rack mountable shelf
	LED	<ul style="list-style-type: none"> Power, Link fault indication
Interface	Uplink	<ul style="list-style-type: none"> 100Base-FX/GBIC: max. 2 ports per Switch Card 100/1000Base-TX: max. 2 ports per Switch Card, FD, RJ-45
	VDSL	<ul style="list-style-type: none"> 24 VDSL2 ports Standard IEEE 993.2 VDSL2 Band Plan : 25KHz~138KHz(U0) Option band used Dynamic rate adaptation, UPBO, coexistence with POTS/ISDN Long reach Symmetrical transmission rates Up to 200m at 100Mbps Up to 1Km at 40Mbps Up to 2Km at 8Mbps Asymmetrical
Protocol and Service		<ul style="list-style-type: none"> Tag-based and port-based VLAN 802.1p QoS supporting 4-priority queues, 802.3x flow control MAC filtering, IP filtering, DHCP filtering NetBEUI, NETBIOS, NBT filtering MAC address limitation IGMP snooping, Broadcast storm control Rate limiting Stacking and Single IP Management Storm control
Management		<ul style="list-style-type: none"> SNMP for embedded agent, EMS supporting Java based GUI and CLI Remote download, Loop-back test Craft interface: RS-232 Async or Ethernet (10Base-T)
Power Assumption		<ul style="list-style-type: none"> 90 VAC~220 VAC, 50Hz~60Hz
Environmental Conditions		<ul style="list-style-type: none"> Temperature: -20°C ~ 60°C, Humidity: 10% ~ 90%



VX-MD3048 48 PORT VDSL2 IP DSLAM DESCRIPTION:

Versa Technology VDSL2 (Very High Speed Digital Subscriber Line 2, standardized as ITU G.993.2) network solution provides access technology for deployments from Central Offices, Fiber Fed Cabinets, and MDU/MTU buildings such as Condos and Hotels. Using existing twisted pair wiring, Versa Technologies VDSL2 network solution, is able to deliver up to 200Mbps of broadband connection longer than ever over standard twisted pair copper. Versa Technology's VDSL2 solution allows for HDTV to be transmitted over twisted pair copper long enough to satisfy even the largest MDU/MTU situation and it can reach long enough to provide Internet Service Providers with a solution for Data and Voice to all of its current subscribers and beyond.

Versa Technology VDSL2 solution is the best choice for service providers looking to supply the ultimate Triple Play solution of HDTV, voice and data with out the trouble and cost of laying new lines. ITU-T G.993.2 (VDSL2) is an enhancement to G.993.1 (VDSL) that permits the transmission of asymmetric and symmetric (Full-Duplex) aggregate data rates up to 200Mbps on twisted pair copper using a bandwidth up to 30 MHz. It is also up to 8x faster than ADSL2+ over shorter distances. With the ability to provide a 48 Port DSLAM for your network, Versa Technology makes sure you get the most cost effective solution not only for you but your customers as well.

Not only does the VX-MD3048 allows you to extend your network with high speeds over regular twisted copper pair, but it also has great features built in like Spanning Tree Protocol (802.1d),

ANEXO B - Equipos y elementos de la red de acceso

VX-MD3048 48 PORT VDSL2 IP DSLAM SPECIFICATIONS:		
Dimensions:	Physical	➤430(W) x 223mm(H) x 230(D)mm, Rack mountable shelf
	LED	➤Power, Link fault indication : 10 LEDs per VDSL Line Card ➤100/1000Base-TX/FX status(4 LEDs)
Interface:	Uplink:	➤100Base-FX/GBIC: max. 2 ports per Switch Card ➤100/1000Base-TX: max. 2 ports per Switch Card, FD, RJ-45
	VDSL	➤48 VDSL ports ➤Standard IEEE 993.2 VDSL2 Band Plan : 25KHz~138KHz(U0) Option band used ➤8-port VDSL line card ➤Dynamic rate adaptation, UPBO, coexistence with POTS/ISDN ➤Long reach asymmetrical transmission rates: Up to 200m at 100Mbps, Up to 1 Km at 40Mbps, Up to 2Km at 8Mbps
Protocol & Service:		➤Tag-based and port-based VLAN, Link aggregation(802.1ad) ➤802.1p QoS supporting 4-priority queues, 802.3x flow control ➤MAC filtering, IP filtering, DHCP filtering ➤NetBEUI, NETBIOS, NBT filtering ➤MAC address limitation ➤IGMP snooping, Broadcast storm control ➤Rate limitation ➤Stacking and Single IP Management ➤Storm control
Management:		➤SNMP for embedded agent, EMS supporting Java based GUI and CLI ➤Remote download, Loop-back test ➤Craft interface: RS-232 Async or Ethernet (10Base-T)
Power Assumption:		➤-48 VDC A, B ; 90 VAC~220 VAC, 50Hz~60Hz
Environmental Conditions:		➤Temperature: -20°C ~ 60°C, Humidity: 10% ~ 90%

VX-MD3024

Reach-Extended VDSL Access...

Specifications

PARAMETERS		SPECIFICATIONS
Dimension	Physical	<ul style="list-style-type: none"> 450(W) x 66mm(H) x 300(D)mm, Rack mountable shelf
	LED	<ul style="list-style-type: none"> Power, Link fault indication
Interface	Uplink	<ul style="list-style-type: none"> 100Base-FX/GBIC: max. 2 ports per Switch Card 100/1000Base-TX: max. 2 ports per Switch Card, FD, RJ-45
	VDSL	<ul style="list-style-type: none"> 24 VDSL2 ports Standard IEEE 993.2 VDSL2 Band Plan : 25KHz~138KHz(U0) Option band used Dynamic rate adaptation, UPBO, coexistence with POTS/ISDN Long reach Symmetrical transmission rates Up to 200m at 100Mbps Up to 1Km at 40Mbps Up to 2Km at 8Mbps Asymmetrical
Protocol and Service		<ul style="list-style-type: none"> Tag-based and port-based VLAN 802.1p QoS supporting 4-priority queues, 802.3x flow control MAC filtering, IP filtering, DHCP filtering NetBEUI, NETBIOS, NBT filtering MAC address limitation IGMP snooping, Broadcast storm control Rate limiting Stacking and Single IP Management Storm control
Management		<ul style="list-style-type: none"> SNMP for embedded agent, EMS supporting Java based GUI and CLI Remote download, Loop-back test Craft interface: RS-232 Async or Ethernet (10Base-T)
Power Assumption		<ul style="list-style-type: none"> 90 VAC~220 VAC, 50Hz~60Hz
Environmental Conditions		<ul style="list-style-type: none"> Temperature: -20°C ~ 60°C, Humidity: 10% ~ 90%

Long Reach IP-VDSL2 Modem

VX-VEB165

DESCRIPTION

VDSL2, the most advanced xDSL technology, maximizes the use of available copper capacity, and provides scalable symmetric and asymmetric "Ethernet grade" rates under all deployment scenarios in private and public networks. Using the QAM line-code, VDSL2 technology is as mature and cost-effective as legacy access technologies and ready for mass deployment. Versa Technologies VDSL2 solution powers true broadband access at Ethernet speeds while maximizing coverage over the existing copper infrastructure.

The VX-VEB165, Long Reach IP-based VDSL2 modem, guarantees unlimited access bandwidth up to 100Mbps necessary for high resolution video delivery as well as high speed data and toll quality voice. VDSL2 line card follows standards as ITU-T G.993.1, ANSI T1.424 and ETSI TS 101 270-1, 270-2.

With the VX-VEB165, Ethernet over VDSL2 can run up to 300m at the maximum speed up to 100Mbps and 3km at the speed of 8Mbps asymmetric for the FTTE application, which proves to be a promising technology and revenue generation gear for access carriers.

KEY FEATURES

- **Converged IP access for triple play services**
TelePrism™/EX-5201 provides high-speed internet access, offering fully flexible bandwidth for converging voice, data and video applications to Ethernet over VDSL2.
- **Easy installation and maintenance** TelePrism™/EX-5201 supports robust performance as utilizing Ethernet OAM for link monitoring, loopback and fault indication with SNMP.



VX-VEB165

Lastly Untapped Copper for 100Mbps ... Advanced Ethernet Meets the VDSL2 in the Copper Loop ...

Specifications

ITEMS		SPECIFICATIONS
Performance		Link rate : Up to 300m at 100Mbps/ up to 1Km at 40Mbps Up to 2Km at 20Mbps /up to 3Km at 8Mbps
Dimension	Physical	160mm(W)x38mm(H)x110mm(D)
	Weight	1.5 lbs/680g
Interface	Line	Type : 2-wire, Cat 3~5, 19 AWG to 26 AWG CPEV, TIV Connector : RJ-11 Line Coding : QAM-based
	LAN	Type: IEEE802.3 standard compliant 10/100Base-TX Connector: RJ-45 Auto-negotiation: Always ON
LED		PWR, LINE, DATA, LAN
OAM		LOF, LOS, LPR, etc. Remote loopback Remote software download
Power Assumption		DC 5V / 2A 100 VAC~220 VAC, 50Hz~60Hz Surge protection (1 st Fuse & Inrush limiting)
Environmental Conditions		Temperature: Operating 0°C ~ 40°C, Storage -5°C ~ 45°C Humidity: Operating 20% ~ 80% , Storage 5% ~ 95%

**RJ-21 CABLE DESCRIPTION:**

- 25 Pair Amphenol
 - 20 feet
 - UL Listed
 - IS09002 certified
 - For VX-1000LD or VX-1000MD
-

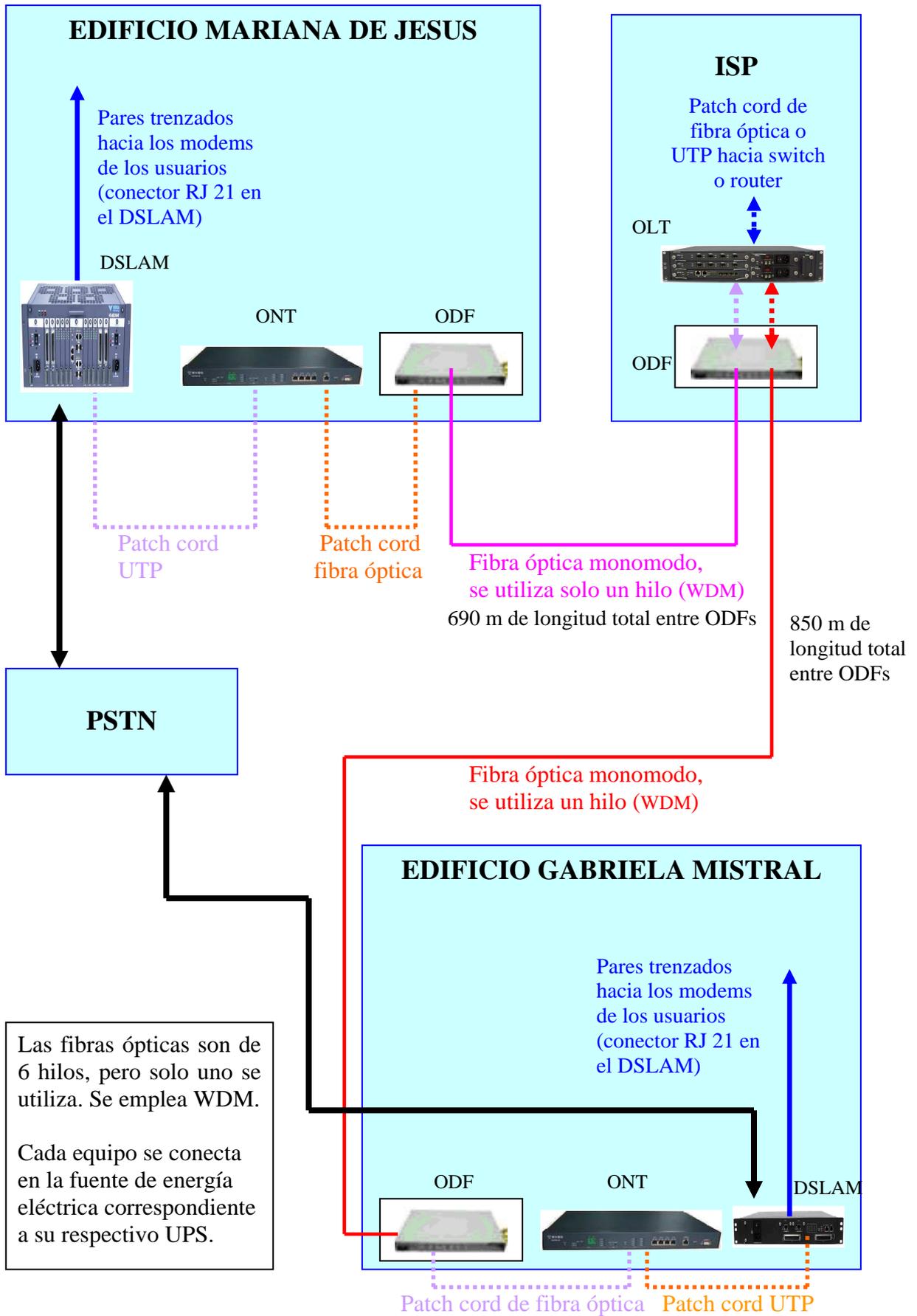


Figura C.1 Red de acceso