

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**ESTUDIO TECNICO DE LA RED DE COMUNICACIONES PARA
BRINDAR LOS SERVICIOS DE VOZ, INTERNET Y VIDEO POR
DEMANDA DE UNA URBANIZACIÓN.**

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

SANGUÑA GUEVARA FERNANDO PAUL
poljasr@hotmail.com

DIRECTOR: ING. ERWIN BARRIGA
ebarriga@mailfie.epn.edu.ec

Quito, Marzo 2010

DECLARACIÓN

Yo Fernando Paúl Sanguña Guevara, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis 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 la normatividad institucional vigente.

Fernando Paúl Sanguña Guevara

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Fernando Paúl Sanguña Guevara, bajo mi supervisión.

Ing. Erwin Barriga
DIRECTOR DEL PROYECTO

INDICE GENERAL

1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN.....	1
1.2.1 ANCHO DE BANDA.....	1
1.2.2 ATENUACIÓN.....	1
1.2.3 INTERFERENCIAS.....	1
1.2.4 DISPERSIÓN.....	2
1.2.5 DISTORSIÓN.....	2
1.2.6 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN.....	2
1.2.7 DIAFONÍA.....	3
1.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN GUIADOS.....	3
1.3.1 PAR TRENZADO.....	4
1.3.1.1 Características.....	4
1.3.1.2 Aplicaciones.....	6
1.3.1.3 Tipos De Cable Trenzado.....	6
1.3.1.3.1 Par Trenzado Sin Apantallar (UTP).....	6
1.3.1.3.1.1 Características.....	7
1.3.1.3.2 Par Trenzado apantallado (STP).....	8
1.3.1.3.3 Uniforme (FTP).....	8
1.3.2 CABLE COAXIAL.....	9
1.3.2.1 Descripción Física.....	10
1.3.2.2 Características De Transmisión.....	10
1.3.2.3 Aplicaciones.....	10
1.3.2.4 Transmisión En Banda Ancha.....	11
1.3.2.5 Transmisión En Banda Base.....	12
1.3.2.5.1 Coaxial Grueso ("THICK").....	12
1.3.2.5.2 Coaxial Fino ("THIN").....	13
1.3.3 FIBRA ÓPTICA.....	14
1.3.3.1 ¿De Que Están Hechas?.....	14
1.3.3.2 Propiedades De La Luz.....	14
1.3.3.3 Principio De Transmisión De La Luz.....	15
1.3.3.3.1 Reflexión Total.....	16
1.3.3.3.2 Refracción.....	16
1.3.3.4 Descripción.....	17
1.3.3.5 Ventajas.....	18
1.3.3.5.1 Tamaño y peso.....	18
1.3.3.5.2 Interferencia Eléctrica.....	19
1.3.3.5.3 Aislamiento.....	19
1.3.3.5.4 Versatilidad.....	19
1.3.3.5.5 Expansión.....	19
1.3.3.5.6 Regeneración de la señal.....	19
1.3.3.5.7 Seguridad.....	20

1.3.3.5.8 <i>Fiabilidad y mantenimiento</i>	20
1.3.3.6 DESVENTAJAS.....	20
1.3.3.6.1 Conversión electro-óptica.....	20
1.3.3.6.2 Caminos homogéneos.....	21
1.3.3.6.3 Instalación especial.....	21
1.3.3.6.4 Reparaciones.....	21
1.3.3.6.5 Conversores Luz- Corriente eléctrica.....	22
1.3.3.6.6 Fuentes de luz.....	23
1.3.3.6.7 Amplificador óptico.....	24
1.3.3.6.7.1 <i>Amplificadores de fibra dopada</i>	24
1.3.3.6.7.2 <i>Amplificador de fibra dopada con Erblio</i>	24
1.3.3.7 TIPOS DE FIBRA OPTICA.....	25
1.3.3.7.1 Fibra Multimodo.....	25
1.3.3.7.2.1 <i>Fibra óptica Multimodo Índice escalonado</i>	25
1.3.3.7.2.2 <i>Fibra Multimodal con Índice gradual</i>	26
1.3.3.7.2 Fibra Monomodo.....	27
1.3.3.8 APLICACIONES.....	28
1.3.3.9 TIPOS DE CONECTORES.....	28
1.4 MEDIOS DE TRANSMISIÓN NO GUIADOS.....	29
1.4.1 MICROONDAS TERRESTRES.....	30
1.4.1.1 Descripción física.....	30
1.4.1.2 Aplicaciones.....	30
1.4.1.3 Características de transmisión.....	31
1.4.2 MICROONDAS POR SATÉLITE.....	31
1.4.2.1 Descripción Física.....	31
1.4.2.2 Aplicaciones.....	32
1.4.2.3 Características de transmisión.....	32
1.4.3 ONDAS DE RADIO.....	32
1.4.3.1 Descripción física.....	32
1.4.3.2 Aplicaciones.....	32
1.4.2.3 Características de transmisión.....	33
1.4.4 INFRARROJOS.....	33
1.5 SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES.....	35
1.5.1 Redes Telefónicas.....	35
1.5.2 Sistema de TV por cable.....	37
1.5.3 REDES DE DATOS.....	40
1.5.3.1 Conexiones de Líneas de enlace telefónicas.....	41
1.5.3.2 Circuitos dedicados analógicos.....	41
1.5.3.3 Circuitos dedicados digitales.....	42
1.5.3.4 Circuitos conmutados digitales.....	42
1.5.3.5 Línea Dedicada De Fibra Óptica.....	43
1.5.3.6 Internet.....	43
1.6 SISTEMAS DE TRANSMISION DE DATOS.....	44
1.6.1 TECNOLOGÍA XDSL.....	44

1.6.1.1 TIPOS DE SISTEMAS XDSL.....	45
1.6.2 RDSI.....	45
1.6.3 TRANSMISIÓN POR FIBRA.....	46
1.6.3.1 Planificación De Un Enlace De Fibras Ópticas.....	47
1.7 TÉCNICAS BÁSICAS DE MULTICANALIZACIÓN.....	48
1.7.1 FDM (Multicanalización Por División De Frecuencia).....	49
1.7.2 TDM (Multicanalización Por División De Tiempo).....	49
1.7.3 WDM (Multicanalización Por División De Longitud De Onda).....	50
1.7.4 DWDM (Multicanalización Por División De Longitud De Onda Denso).....	51
1.7.5 ESTRUCTURAS DE MULTICANALIZACIÓN.....	51
1.7.5.1 LA INFRAESTRUCTURA PDH.....	52
1.7.5.2 La infraestructura SONET/SDH.....	52

CAPITULO II

2 TRIPLE PLAY

2.1 Introducción.....	54
2.1.1 Qué es Banda Ancha?.....	54
2.1.2 Qué es la última milla?.....	54
2.1.3 Evolución de servicios.....	55
2.1.3.1 PASADO.....	55
2.1.3.2 PRESENTE.....	55
2.1.3.3 Principales factores que influyen en la migración a Triple Play.....	56
2.1.4 Convergencia de los servicios.....	57
2.1.4.1 Aplicaciones de convergencia.....	58
2.1.4.2 Evolución de Servicios vs. Ancho de Banda.....	59
2.1.4.3 Acceso y Redes de Banda Ancha.....	60
2.2 Red Híbrida Fibra Coaxial (HFC).....	61
2.2.1 Características de una red HFC:.....	61
2.2.2 Características de los elementos del sistema de transmisión óptico:.....	62
2.2.3 Multiplexor/Demultiplexor CWDM.....	63
2.2.4 Topología de las redes HFC.....	64
2.3 Redes de Fibra Óptica.....	64
2.3.1 Redes de Fibra para servicios interactivos de banda ancha	
2.3.2 FTTH Fiber To The X (Fibra hasta X).....	65
2.3.2.1 Motivación original y evolución.....	65
2.3.2.2 Introducción.....	66
2.3.2.3 Arquitecturas FTTH.....	66
2.3.2.3.1 FTTH – Fibra hasta la Casa.....	67
2.3.2.3.2 Dimensión temporal del cambio.....	68
2.3.2.3.3 Comparación de Soluciones FTTH.....	68
2.3.3 Estructura y elementos de red.....	69
2.3.3.1 Configuraciones punto a punto.....	69
2.3.3.2 Redes Ópticas Pasivas PON.....	71

2.3.3.2.1	Historia.....	71
2.3.3.2.2	Introducción a las redes PON.....	71
2.3.3.2.3	Breve descripción de las topologías PON.....	71
2.3.3.2.4	Elementos de una Red PON.....	72
2.3.3.2.4.1	Elementos Activos:.....	73
2.3.3.2.4.2	Elementos pasivos:.....	73
2.3.3.2.4.2.1	<i>Elementos de la ODN</i>	73
2.3.3.2.4.2.2	<i>Composición de la ODN</i> :.....	73
2.3.3.2.5	Cómo Funciona una Red PON?.....	74
2.3.3.2.5.1	Central-usuario canal Descendente (Downstream).....	75
2.3.3.2.5.2	Usuario-central canal Ascendente (Upstream).....	76
2.3.3.2.5.3	Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA).....	76
2.3.3.2.5.4	Seguridad en el Envío de Datos.....	77
2.3.3.2.6	Fundamentos de Diseño.....	77
2.3.3.2.6.1	Donde Ubicar la OLT?.....	77
2.3.3.2.6.2	Donde Ubicar los Splitters?.....	78
2.3.3.2.6.3	Un Nivel o dos Niveles de Splitter?.....	79
2.3.3.2.6.4	Entonces Splitter Centralizado o en Cascada?....	79
2.3.3.2.6.4.1	Centralizado.....	79
2.3.3.2.6.4.2	En Cascada.....	80
2.3.3.2.7	Topología de una Red PON.....	80
2.3.3.2.8	Arquitecturas de la Red PON.....	81
2.3.3.2.8.1	Modelo de Arquitectura.....	82
2.3.3.2.8.1.1	<i>Centralizada</i>	82
2.3.3.2.8.1.2	<i>Convergencia Local</i>	82
2.3.3.2.8.1.3	<i>Splitters Distribuidos</i>	83
2.3.3.2.9	SOBRE DWDM.....	84
2.3.3.2.10	Protocolos PON-FTTH.....	85
2.3.3.2.10.1	APON (ATM PON).....	85
2.3.3.2.10.2	BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha).....	85
2.3.3.2.10.3	VPON (Video PON).....	86
2.3.3.2.10.4	EPON (Ethernet Passive Optical Network).....	87
2.3.3.2.10.5	GPON (Gigabit Passive Optical Network).....	89
2.3.3.2.10.5.1	<i>Configuración estándar GPON</i>	89
2.3.3.2.10.5.2	<i>Arquitectura de red de GPON</i>	90
2.3.3.2.10.5.3	Características de GPON.....	93
2.3.3.2.10.5.3.1	Identificación de usuario:	93
2.3.3.2.10.5.3.2	Configuración Remota de las oNT's:.....	93
2.3.3.2.10.5.3.3	Protocolos de Transporte.....	93
2.3.3.2.10.5.3.4	Implementación Multicast.....	94
2.3.3.2.10.5.3.5	Interoperabilidad.....	94
2.3.3.2.10.5.3.6	División de potencia y el "Budget" óptico.....	94
2.3.3.2.10.5.3.7	Escenarios para la	

regeneración de la señal GPON.....	95
2.3.3.2.10.5.3.7.1 Extendiendo una red GPON de 20Km a 60Km.	95
2.3.3.2.10.5.3.7.2 Extendiendo las ramas de una GPON.....	96
2.3.3.2.10.5.3.8 Amplificación de la señal 1550 nm...	97
2.3.3.2.10.5.3.9 Comparativa de las principales tecnologías PON.....	99
2.3.3.2.10.6 Comparativas entre EPON y GPON.....	99
2.3.3.2.10.6.1 Ancho de banda aprovechable.....	99
2.3.3.2.10.6.2 Alcance.....	100
2.3.3.2.10.6.3 Costo por suscriptor.....	100
2.3.3.2.10.6.4 Eficiencia de cada estándar.....	101
2.3.3.2.10.6.5 Sistemas de gestión.....	101
2.3.3.2.10.6.6 Encriptación.....	101
2.3.3.2.10.6.7 Protección de red.....	102
2.3.3.2.10.6.8 Costos de operación, mantenimiento y Crecimiento.....	102

CAPITULO III

3. DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES PARA BRINDAR SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO BAJO DEMANDA DE UN CONJUNTO HABITACIONAL EJEMPLO.....103

3.1 Consideraciones.....	104
3.1.1 REDES DE COMUNICACIÓN PARA EL DISEÑO.....	105
3.1.1.1 RED INALAMBRICA.....	105
3.1.1.2 REDES DE COBRE.....	108
3.1.1.3 REDES IP.....	110
3.1.1.4 Redes HFC(Híbrida Fibra coaxial).....	113
3.1.1.5 Red de fibra.....	114
3.1.2 Ubicación.....	116
3.1.3 Características Constructivas.....	117
3.2 Necesidades de los Servicios.....	118
3.2.1 NECESIDADES TELEFÓNICAS.....	118
3.2.2 SERVICIOS DE TELEVISION POR CABLE Y DATOS.....	118
3.3 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO.....	119
3.3.1 Generalidades.....	119
3.4 DEMANDA DEL DISEÑO.....	119
3.4.1 Servicio Telefónico.....	119
3.4.1.1 Demanda Telefónica.....	119
3.4.1.2 Tráfico de la red.....	120
3.4.2 Servicio de Datos.....	121
3.4.2.1 Capacidad para el enlace de down-stream.....	125
3.4.3 SERVICIO DE VIDEO.....	126
3.5 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS.....	129

3.5.1 ANCHO DE BANDA DE LA RED.....	129
3.6 DISEÑO DE LA RED GPON PARA EL CONJUNTO HABITACIONAL.....	131
3.6.1 El proceso de diseño.....	131
3.6.1.1 Requerimientos básicos que la red debe cumplir....	132
3.6.1.2 Protocolo.....	132
3.6.1.3 Tasa de bit máxima.....	132
3.6.1.4 Longitudes del cable.....	132
3.6.1.5 Ubicaciones del cable.....	132
3.6.1.6 SM o MM?.....	132
3.6.1.7 Requerimiento óptico.....	133
3.6.1.8 Especificaciones de los componentes de la red.....	133
3.6.1.9 Consideraciones de Planta Externa.....	134
3.6.1.10 Consideraciones de Pérdida de Splitters.....	135
3.6.1.11 Margen de pérdida.....	135
3.6.1.12 Diagrama de la Red GPON.....	135
3.7 SEGMENTOS DE LA RED GPON.....	138
3.7.1 Central de Equipos o Nodo Central.....	138
3.7.2 Red Óptica Troncal:.....	139
3.7.3 Red Óptica de Distribución.....	139
3.7.3.1 Puntos de distribución.....	139
3.7.4 Red Externa Óptica.....	140
3.7.4.1 Canalización.....	141
3.7.5 Red Óptica de Acometida.....	141
3.7.5.1 Acometida de la Red.....	142
3.7.6 Red interna.....	142
3.7.7 Red de Abonados o Dispersión.....	143
3.7.8 Tierras de protección al Sistema Digital.....	143
3.8 Cálculos del Enlace.....	144
3.8.1 Perdidas por Splitter.....	144
3.8.2 Pérdida por Fusión.....	145
3.8.3 Pérdida por Conectorización.....	146

CAPITULO IV

4 ESTUDIO ECONOMICO DE LA RED.....	151
4.1 Costo de la Red.....	154
4.1.1 NODO PRINCIPAL.....	154
4.1.2 Canalización.....	155
4.1.3 Red externa Óptica.....	157
4.1.4 Costo de de Equipos Terminales.....	160
4.1.5 Costo Total de la Red.....	160
4.1.6 COSTO REFERENCIAL.....	162

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES.....	163
5.2 RECOMENDACIONES.....	166

BIBLIOGRAFIA

GLOSARIO DE TERMINOS

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Fig. 1.1	Dispersión en una fibra óptica.....	2
Fig. 1.2	Par Trenzado.....	4
Fig. 1.3	Cable UTP.....	6
Fig. 1.4	Cable STP.....	8
Fig. 1.5	Cable FTP.....	9
Fig. 1.6	Cable coaxial.....	9
Fig. 1.7	Cable coaxial grueso.....	12
Fig. 1.8	Cable coaxial fino.....	13
Fig. 1.9	Cable de Fibra óptica.....	14
Fig. 1.10	Espectro Electromagnético.....	15
Fig. 1.11	Reflexión Total.....	16
Fig. 1.12	Propagación Fibra Multimodo Con Índice Gradual.....	25
Fig. 1.13	Propagación Fibra Multimodo Índice Escalonado.....	26
Fig. 1.14	Propagación De Una Fibra Monomodo.....	27
Fig. 1.15	Conectores para Fibra Óptica.....	29
Fig. 1.16	Transmisión microonda terrestre.....	30
Fig. 1.17	Transmisión vía satélite.....	31

CAPITULO II

Fig 2.1	Evolución de las tecnologías de Banda Ancha.....	54
Fig 2.2	Triple play como impulsador de fibra.....	55
Fig. 2.3	estadísticas para ofrecer Triple Play por un solo proveedor.....	56
Fig. 2.4	Espectro de Frecuencias para los diferentes servicios.....	58
Fig. 2.5	Servicios del Triple Play.....	59
Fig.2.6	Evolución Tecnológica y Ancho de Banda.....	60
Fig. 2.7	Esquema tradicional de las redes HFC.....	61
Fig. 2.8	Componentes de una Red HFC.....	63
Fig. 2.9	Como cambiara la fibra al hogar nuestro estilo de vida.....	65
Fig. 2.10	Tecnologías FTTx.....	67
Fig. 2.11	Comparación de las Tecnologías FTTH.....	69
Fig. 2.12	Configuración Punto a Punto.....	69
Fig. 2.13	Tecnologías de fibra directa en empresa.....	70
Fig. 2.14	Servicios transparentes en la última milla.....	70
Fig. 2.15	Esquematzación de la red PON.....	72
Fig. 2.16	Elementos de una red PON.....	72
Fig. 2.17	Elementos de la ODN.....	73
Fig. 2.18	Funcionamiento de una red PON.....	74
Fig. 2.19	Esquema de las ventanasde transmisión.....	74
Fig. 2.20	Envío de datos al usuario.....	75
Fig. 2.21	Forma de interacción del la ONT y la OLT.....	76
Fig. 2.22	Funcionamiento de la asignación dinámica del Ancho de Banda.....	76
Fig. 2.23	Forma de Encriptación de la señal.....	77
Fig. 2.24	Localización del OLT en diferentes sectores.....	78

Fig. 2.25 Localización del Splitter en diferentes sectores.....	78
Fig. 2.26 Comparación de niveles de Splitter.....	79
Fig. 2.27 Configuración del Splitter.....	79
Fig. 2.28 Topología de las red PON.....	80
Fig. 2.29 Diferentes Topologías para las redes PON.....	80
Fig. 2.30 Topologías de una red PON	81
Fig. 2.31 Diagrama Genérico.....	81
Fig. 2.32 Tipo de arquitectura Centralizada.....	82
Fig. 2.33 Tipo de arquitectura Convergencia Local.....	82
Fig. 2.34 Tipo de arquitectura Splitters Distribuidos.....	82
Fig. 2.35 Esquema de una red APON.....	84
Fig. 2.36 Configuración de un sistema BPON.....	85
Fig. 2.37 Funcionamiento de sistemas de recepción FTTH/FTTC.....	86
Fig. 2.38 Configuración de un sistema VPON.....	86
Fig. 2.39 Funcionamiento EPON.....	87
Fig. 2.40 Configuración de un sistema GPON.....	89
Fig. 2.41 Envío de datos en red GPON.....	91
Fig. 2.42 Extensión de una red GPON.....	96
Fig. 2.43 Ampliación número de usuarios.....	96
Fig. 2.44 Extensión para una red GPON.....	97
Fig. 2.45 Esquema para la señal de 1550 nm.....	98

CAPITULO III

Fig. 3.1 Diseño de una red IP.....	110
Fig. 3.2 Ubicación geográfica del conjunto habitacional.....	116
Fig. 3.3 Distribución por servicio.....	118
Fig. 3.4 Calculadora del Erlang B.....	121
Fig. 3.5 porcentaje de usuarios en Tv por cable.....	127
Fig. 3.6 Combinación de las señales de datos con la señal de video.....	128
Fig. 3.7 Red GPON aplicada a FTTx.....	128
Fig. 3.8 Diagrama de la Red GPON.....	137
Fig. 3.9 Diagrama de la Red FTTH.....	138
Fig. 3.10 Simulación de la Red Interna del Conjunto.	143
Fig. 3.11 Fusión en Splitters.....	145

INDICE DE TABLAS

CAPITULO I

Tabla 1.1 Categorías de los cables Par trenzado.....	5
Tabla 1.2 Transmisión de banda ancha.....	12
Tabla 1.3 Transmisión en banda base.....	12
Tabla 1.4 Índices de refracción.....	15
Tabla 1.5 Características fibra multimodo índice gradual.....	26
Tabla 1.6 Características fibra multimodo índice escalonado.....	26
Tabla 1.7 comparación de los 3 tipos de Fibra Óptica.....	27
Tabla 1.8 Resumen de los medio de transmisión guiados y no guiados.....	34
Tabla 1.9 Tipos de tecnologías XDSL	45

CAPITULO II

Tabla 2.1 Tipo de Topologías para diferentes necesidades.....	64
Tabla 2.2 Comparación de Tecnologías PON.....	99

CAPITULO III

Tabla 3.1 Características del Conjunto Habitacional.....	117
Tabla 3.2 Necesidades del Conjunto.....	119
Tabla 3.3 Cuadro demanda de internet.....	122
Tabla 3.4 Servicios de TVCable.....	126
Tabla 3.5 Encuestas realizadas a usuarios que utilizarán el servicio de video...127	127
Tabla 3.6 Anchos de Banda para la red GPON del estándar ITU-T G984.....	130
Tabla 3.7 Componentes de la red.....	133
Tabla 3.8 Componentes de la red.....	134
Tabla 3.9 Niveles de atenuación de los elementos de la red.....	134
Tabla 3.10 Perdidas por splitters.....	135
Tabla 3.11 Cálculos del Diseño de la red de Comunicaciones.....	148

CAPITULO IV

Tabla 4.1 Precios de Internet en Sudamérica.....	153
Tabla 4.2 Precios de elementos del nodo principal.....	155
Tabla 4.3 Elementos de canalización.....	156
Tabla 4.4 Precios de la Canalización.....	156
Tabla 4.5 Precios de elementos de la red pasiva.....	157
Tabla 4.6 Cable de Fibra Óptica.....	158
Tabla 4.7 Costo del cable de Fibra óptica.....	158
Tabla 4.8 Detalle de la Red para cobre multipar.....	159

Tabla 4.9 Precios para cable de cobre multipar.....	159
Tabla 4.10 Precios de ONT.....	160
Tabla 4.11 Costo total de la red.....	161

RESUMEN

El presente proyecto encaminado a realizar el Estudio Técnico Económico de la red de comunicaciones para una urbanización ejemplo tiene como objetivo, estudiar las tecnologías más recientes que se pueden implementar para ofrecer servicios de voz, video y datos, a distintas zonas como son barrios, ciudades, urbanizaciones, incluso para aplicaciones más grandes.

Este proyecto se desarrolla en función de los siguientes capítulos:

En el Primer capítulo, se estudia los diferentes medios de transmisión tanto guiados como no guiados que existen en la actualidad para poder realizar una red de comunicación, analizando sus diferentes características y aplicaciones, que posee cada uno. Seguidamente se realiza un breve estudio de los servicios de comunicaciones que se puede ofrecer hoy en día, terminado con los tipos de multiplexación que existen para transmitir la información.

En el segundo capítulo analizamos la manera en la que se brindan los servicios de comunicación como lo es el Triple Play, y la convergencia de servicios que existen en la actualidad. Continuando con el estudio de las tecnologías que pueden brindar el triple play. Adentrándonos más a lo que son las redes ópticas pasivas tanto en conceptos, aplicaciones y sus diferentes estándares, en especial las redes GPON.

En el Tercer capítulo, realizamos el diseño de la red comunicaciones, analizando brevemente las diferentes redes de acceso que existen en la actualidad para escoger la que mejor se acoja a los requerimientos, de Anchos de Banda que se

necesita tanto en el presente como a futuro. Se determina las necesidades del conjunto habitacional, analizando todos los requerimientos para dicho diseño, así como los elementos necesarios que se utilizara para estructurar la red de comunicaciones, por último se realizara todos los cálculos del diseño de la red.

En el cuarto capítulo se analizará el aspecto económico que involucrará implementar la red elegida, analizando los precios de cada elemento que constituye la red. Llegando a los valores totales en costos de cada parte de la red, para por ultimo determinar le valor total de la red, analizando las condiciones del conjunto habitacional.

En el quinto capítulo se realizan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo de este proyecto.

PRESENTACION

Con la demanda y el mejoramiento cada vez más de las tecnologías de información, y la globalización de las telecomunicaciones, hoy en día el tener un solo servicio de comunicación es insuficiente para las necesidades de las personas, es así que el llamado triple play ha tomado impulso para ello las principales operadoras de telecomunicaciones ponen en operación un nuevo tipo de redes ópticas pasivas, la cual en sus inicios era demasiada costosa pero con el pasar de los años y la gran demanda por los países desarrollados se han ido abaratando los precios de los elementos de la red.

El presente proyecto, tiene la particularidad de presentar un nuevo tipo de red para ofrecer servicios de comunicaciones para urbanizaciones, en el Ecuador a pesar que en otros países su implementación se ha desarrollado de mejor manera dando excelentes resultados.

Entre las principales tecnologías que están permitiendo la convergencia de servicios en la parte de bucle de abonado cabe destacar a GPON, que es la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto multipunto más avanzada en la actualidad.

Realizar este tipo de diseño en la actualidad es un acierto a pesar de que los costos se están abaratando, la predisposición por parte de las operadoras no es totalmente acogida. Este tipo de red que se desea implementar posee las mejores condiciones para prestar servicios de última generación como televisión digital, aplicaciones multimedia, voz sobre IP, teleconferencias, etc. En la actualidad se pueden ofrecer dichos servicios pero no con la eficiencia que las redes GPON las pueden brindar.

La implementación del tipo de red de última milla para el conjunto habitacional, será determinada en base a los costos que se analizarán de las diferentes partes

que posee el diseño, en la que están involucrados todos los elementos de la red que adquirirá el conjunto habitacional en su totalidad, realizando una inversión como se lo hace en otro tipo de servicios básicos.

1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El medio de transmisión constituye el soporte físico a través del cual emisor y receptor pueden comunicarse en un sistema de transmisión.

Distinguiamos dos tipos de medios:

- Medio de transmisión guiado
- Medio de transmisión no guiado

En ambos casos la transmisión se realiza por medio de ondas electromagnéticas.

1.2 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN

1.2.1 ANCHO DE BANDA

El ancho de banda es el máximo rango de frecuencias que el canal es capaz de transmitir sin distorsión. Se expresa en hertzios, normalmente es usada para señales análogas.

1.2.2 ATENUACIÓN

Se denomina atenuación de una señal, sea esta acústica, eléctrica u óptica, a la pérdida de potencia sufrida por la misma al transitar por cualquier medio de transmisión, se suele expresar en forma de logaritmo (decibelio). Por lo general, la atenuación depende de la frecuencia.

1.2.3 INTERFERENCIAS

La interferencia está causada por señales de otros sistemas de comunicación que

son captadas conjuntamente a la señal propia. Siendo la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales y de forma similar a las de la señal.

1.2.4 DISPERSIÓN

La dispersión es el fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material, afecta a todas las ondas. En óptica se debe a que la velocidad de una onda depende de su frecuencia, cuando un pulso de luz está viajando a lo largo de una fibra, la señal no sólo se atenúa sino también se desvía o extiende en el tiempo. La dispersión se aplica tanto a señales analógicas como digitales, normalmente es especificada en nanosegundos por kilómetro.



Fig. 1.1 Dispersión en una fibra óptica [1]

Los tipos de dispersión de una energía óptica son: dispersión modal, dispersión espectral.

1.2.5 DISTORSIÓN

Se entiende por distorsión, la diferencia entre la señal que entra a un equipo o sistema y la señal de salida del mismo. Por tanto, puede definirse como la "deformación" que sufre una señal como consecuencia de su paso por un canal, La distorsión puede ser lineal o no lineal, si la distorsión se da en un sistema óptico recibe el nombre de aberración

1.2.6 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

Normalmente para transmisión digital, es el número de bits que se transmiten para un canal en la unidad de tiempo, expresado en bits por segundo (bps), pero

es más habitual el empleo de múltiplos como kilobit por segundo (Kbps, equivalente a mil bps) o megabits por segundo (Mbps, equivalente a un millón de bps).

Es importante resaltar que la unidad de almacenamiento de información es el byte, que equivale a 8 bits, por lo que a una velocidad de transmisión de 8 bps se tarda un segundo en transmitir 1 byte.

1.2.7 DIAFONÍA

En Las transmisiones telefónicas se presentan muy a menudo interferencias de otros pares telefónicos y dentro del mismo par, a este fenómeno se le llama diafonía, que se resume en un efecto capacitivo e inductivo indeseable entre los hilos de un par telefónico y otros pares adyacentes. La diafonía es mucho más perjudicial a las altas velocidades en las que operan las transmisiones de datos dentro de un cableado estructurado. Las pérdidas por este factor son las causas comunes de mal funcionamiento de una red de datos.

Existen dos tipos de diafonía: la paradiafonía (NEXT) cuando la fuente de la señal perturbadora está colocada en el mismo extremo que el receptor perturbado; y la tele diafonía (FEXT), cuando el receptor está colocado en el lado remoto.

1.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN GUIADOS

Los cables son el componente básico de una comunicación no inalámbrica, existen varios tipos diferentes de cables, así que la elección de uno frente a otro va a depender del ancho de banda necesario para el sistema, las distancias existentes y el presupuesto disponible. Cada tipo de cable tiene sus ventajas e inconvenientes, no existe un tipo ideal, las principales diferencias entre ellos radican en la ancho de banda permitido por cada cable y por lo tanto en el rendimiento máximo de transmisión, su grado de inmunidad frente a interferencias electromagnéticas externas y la relación entre la atenuación de la señal y la distancia recorrida por esta.

Entre los principales medios de transmisión, citamos los siguientes:

- Par Trenzado
- Cable coaxial
- Fibra Óptica

1.3.1 PAR TRENZADO

Básicamente está formado por dos hilos de cobre aislados y entrelazados entre sí, el diámetro oscila entre 0.6 y 1,2 milímetros. El principal motivo de entrelazar los hilos de cobre aislados es reducir la interferencia eléctrica con respecto a los pares cercanos que se encuentran a su alrededor, con esto se evita cruces por el denominado ruido eléctrico. Cada par constituye solo un enlace de comunicación.

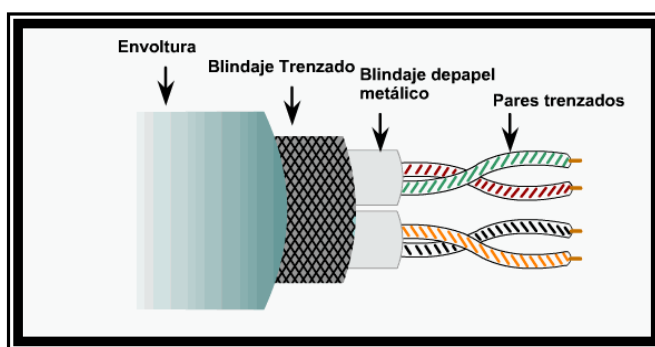


Fig. 1.2 Par Trenzado [2]

Números estándares de pares por cable son 4, 5, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 900, 1200, 1500, 1800. Cuando el número de pares es superior a 4 hablamos de cables multipar. Pudiendo utilizarse tanto para transmisión analógica como digital.

1.3.1.1 CARACTERÍSTICAS

Constituyen el modo más simple y económico de todos los medios de transmisión existentes, además de la facilidad de instalación, así como las constantes mejoras tecnológicas introducidas, enlaces de mayor velocidad, longitud, etc. Para

transmitir señales analógicas se necesitan amplificadores cada 5 o 6 km, Mientras que para señales digitales se requieren repetidores cada 2 o 3 km.

Este tipo de medio de transmisión se puede considerar como el medio guiado de menores prestaciones en cuanto a: distancia, ancho de banda, velocidad de transmisión.

Los cables de par trenzado se clasifican en las siguientes categorías.

Categoría	Indicado Para
Categoría 2	Frecuentemente usado para redes Token Ring (4 Mbit/s).
Categoría 3	Usado para redes Ethernet (10 Mbit/s). Diseñado para transmisión a frecuencias de hasta 16 MHz.
Categoría 4	Usado en redes Token Ring (16 Mbit/s). Diseñado para transmisión a frecuencias de hasta 20 Mhz
Categoría 5	Usado en redes Ethernet, Fast Ethernet (100 Mbit/s) y Gigabit Ethernet (1000 Mbit/s). Diseñado para transmisión a frecuencias de hasta 100 MHz.
Categoría 5e	Usado en redes Fast Ethernet (100 Mbit/s) y Gigabit Ethernet (1000 Mbit/s). Diseñado para transmisión a frecuencias de hasta 100 MHz.
Categoría 6	Usado en redes Gigabit Ethernet (1000 Mbit/s). Diseñado para transmisión a frecuencias de hasta 250 MHz.
Categoría 6a	Usado en redes 10 Gigabit Ethernet (10000 Mbit/s). Diseñado para transmisión a frecuencias de hasta 500 MHz.
Categoría 7	Caracterización para cable de 600 Mhz según la norma internacional ISO-11801 Usado en redes 10 Gigabit Ethernet y comunicaciones de alta confiabilidad, en distancias máximas de 100 metros.
Categoría 7a	Caracterización para cable de 1000 Mhz según la norma internacional ISO-11801 Ad-1 de 2008. Usado en redes 10 Gigabit Ethernet y futuras comunicaciones de mayor velocidad de transmisión de datos.

Tabla 1.1 Categorías de los cables Par trenzado

1.3.1.2 APLICACIONES

Es el medio de transmisión más usado, tanto para señales analógicas como digitales, es ampliamente usado en redes: de telefonía, dentro de edificios.

En telefonía permite conectar el terminal de abonado:

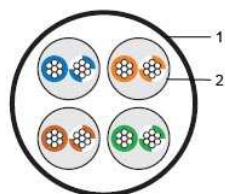
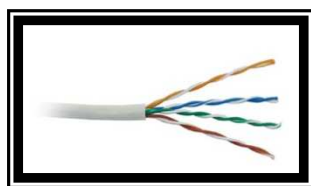
- A la central local mediante el llamado “bucle de abonado”
- A la central privada (PBX: private branch exchange)

En aplicaciones digitales se utilizan masivamente para las conexiones al conmutador digital o a la PBX digital con velocidades típicas de hasta 64 kbps.

1.3.1.3 TIPOS DE CABLE TRENZADO.

- UTP (Unshielded Twisted Pair) Cable de par tronzado sin apantallar.
- STP (Shielded Twisted Pair) Cable de par tronzado apantallado.
- FTP (Foiled Twisted Pair) Cable de par tronzado con pantalla global.

1.3.1.3.1 Par Trenzado Sin Apantallar (UTP)



- 1 – Forro Exterior
2 – Par trenzado sólido

Fig. 1.3 Cable UTP [3]

Es el cable par trenzado normal y más simple, más barato en cuanto a su precio de compra y de instalación, brinda una mayor facilidad de manejo. Para las distintas tecnologías de red local este tipo de cable se ha convertido en el sistema de cableado más ampliamente utilizado.

Permite velocidades de transmisión de 100 Mbps sobre distancias máximas de 100 metros en categoría 5. Las mayores desventajas son su mayor tasa de error respecto a otros tipos de cable, así como sus limitaciones para trabajar a distancias elevadas sin regeneración. El conector más frecuente en este tipo de cable es el denominado RJ-45.

1.3.1.3.1.1 Características.

Tamaño. El menor diámetro permite aprovechar más eficientemente las canalizaciones y los armarios de distribución. El diámetro típico de estos cables es de 0,52 mm.

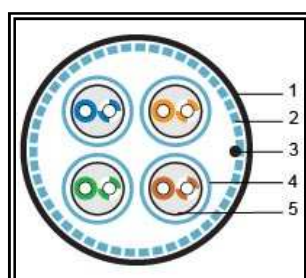
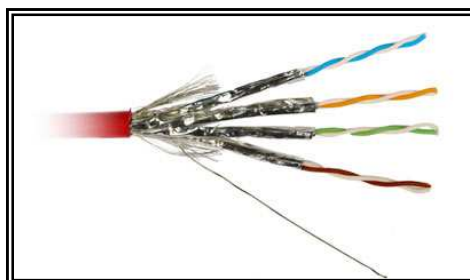
Peso. El poco peso de este tipo de cable con respecto a los otros tipos de cable facilita el tendido para poder realizar las aplicaciones diferentes que se requiera instalar.

Flexibilidad. La facilidad para curvar y doblar este tipo de cables permite un tendido más rápido así como la conexión de las rosetas y las regletas.

Integración. Los servicios soportados por este tipo de cable incluyen:

- Red de Área Local ISO 802.3 (Ethernet) y ISO 802.5 (Token Ring)
- Telefonía analógica
- Telefonía digital
- Líneas de control y alarmas

1.3.1.3.2 Par Trenzado Apantallado (STP)



- 1 - Forro exterior
- 2 - Pantalla -malla
- 3 - Alambre de drenaje
- 4 - Pantalla de lámina de aluminio
- 5 - Par trenzado sólido

Fig. 1.4 Cable STP [4]

Cada par se cubre con una malla metálica conductora que actúa de pantalla frente a interferencia y ruido eléctrico, de la misma forma que los cables coaxiales, y el conjunto de pares se recubre con una lámina de apantallamiento. Su impedancia típica es de 150 Ohmios.

Es utilizado generalmente en las instalaciones de procesos de datos por su capacidad y sus buenas características contra las radiaciones electromagnéticas, pero el inconveniente es que es un cable robusto, caro y difícil de instalar. El tipo de conector para este cable es el denominado RJ49, que son parecidos a los RJ45 pero con una capa metálica alrededor para conectar la toma a tierra.

1.3.1.3.3 Uniforme (FTP)

El cableado tipo FTP (Foild Twisted Pair) está diseñado para las transmisiones de datos a alta velocidad dentro de las redes de área local.

Estos cables se fabrican con pares conductores de cobre y llevan una pantalla principal de protección (Foild) formada por una cinta de aluminio.

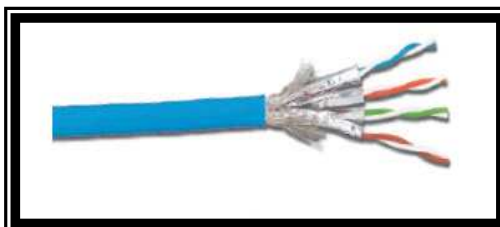


Fig. 1.5 Cable FTP [5]

Este cable está diseñado para aplicaciones que requieren un aislamiento adicional de la señal y cuenta con un blindaje de cinta de aluminio flexible y un hilo de cobre adicional para facilitar la conexión a tierra. Es ideal para instalaciones sujetas a una elevada interferencia electromagnética externa, su impedancia característica típica es de 120 Ohmios y sus propiedades de transmisión son más parecidas a las del UTP. Además puede utilizar los mismos conectores RJ45.

1.3.2 CABLE COAXIAL

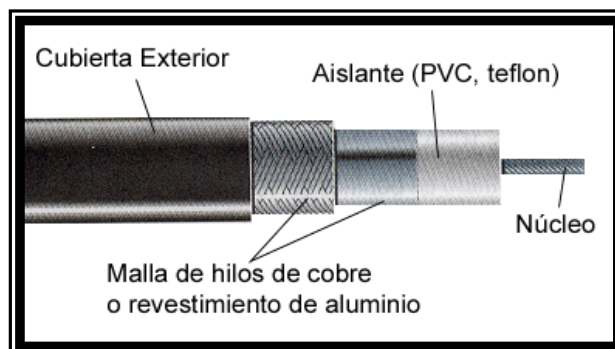


Fig. 1.6 Cable coaxial [6]

1.3.2.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA

Este tipo de cable esta compuesto de un hilo conductor central de cobre rodeado por una malla de hilos de cobre, el espacio entre el hilo y la malla lo ocupa un conducto de plástico que separa los dos conductores y mantiene las propiedades

eléctricas. Todo el cable está cubierto por un aislamiento de protección, el ejemplo más común de este tipo de cables es el coaxial de televisión, el cable que une un televisor con la antena instalada en el tejado.

El diámetro del cable coaxial varía entre 1 y 2,5 cm, por efecto del tipo de blindaje realizado es mucho menos susceptible a interferencias y diafonías que el par trenzado, puede cubrir mayores distancias y conectar más estaciones en una línea compartida.

1.3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN.

Es un excelente transmisor de señales de alta frecuencia, permite mínimas pérdidas por radiación por lo que presenta una excelente inmunidad al ruido. El ancho de banda que se puede obtener depende de los diámetros de los conductores y de la longitud del cable, esta entre los 500 Mhz, esto hace que el cable coaxial sea ideal para transmisión de televisión por cable por múltiples canales.

1.3.2.3 APLICACIONES

El cable coaxial tenía una gran utilidad en sus inicios por su propiedad idónea de transmisión de voz, audio y video, además de textos e imágenes.

Es un medio muy versátil, por lo que cada vez se está utilizando en una variedad de aplicaciones como son:

- Distribución de televisión.
- Telefonía a larga distancia.
- Conexión con periféricos a corta distancia.
- LAN (Redes de área local).

El cable coaxial se emplea para la distribución de TV por cable hasta el domicilio y oficinas de los usuarios como el actual sistema telefónico, puede transportar docenas e incluso cientos de canales a decenas de kilómetros.

Cuando se usa multiplexación por división de Frecuencia (FDM: "Frequency Division Multiplexing") el cable coaxial puede transmitir más de 10000 canales de voz simultáneamente.

Fundamentalmente existen dos categorías de cables coaxiales:

- Transmisión en banda base.
- Transmisión en banda ancha.

1.3.2.4 TRANSMISIÓN EN BANDA ANCHA.

Al cable coaxial que lo empleamos para transmitir señales analógicas tiene la denominación de banda ancha, este término proviene del medio telefónico, puede emplearse para aplicaciones de 300 MHz (en algunos casos hasta los 450 MHz), esto gracias a la naturaleza analógica de las señales.

Los sistemas de banda ancha se multiplexan en varios canales, esto siempre y cuando el ancho de banda de la señal a transmitirse no sea mayor que el ancho de banda del canal, se podrá transmitir dicha señal por él. Aunque las señales tienen un espectro de frecuencia infinito, existe una banda de frecuencias de las mismas (ancho de banda de la señal) que son las que corresponden a la mayor parte de su energía. Por lo tanto, por un mismo cable se pueden combinar señales de video, voz y datos. Estos cables tienen una impedancia de 75 ohmios, y se utilizan fundamentalmente en la distribución de señales de televisión por cable (CATV). Este cable tiene una denominación como RG59 o también como cable de televisión y utiliza conectores de tipo DNC y TNC.

CABLE	CARACTERÍSTICAS
10-BASE-5	Cable coaxial grueso (Ethernet grueso). Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg. Segmentos: máximo de 500 metros.
10-BASE-2	Cable coaxial fino (Ethernet fino). Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg. Segmentos: máximo de 185 metros.
10-BROAD-36	Cable coaxial Segmentos: máximo de 3600 metros. Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg.
100-BASE-X	Fast Ethernet. Velocidad de transmisión: 100 Mb/seg.

Tabla 1.2 Transmisión de banda ancha

1.3.2.5 TRANSMISIÓN EN BANDA BASE.

La información se transmite de forma digital, sin modular una señal portadora. Con una impedancia característica de 50 ohmios. Utilizado en LAN's (redes de área local). Dentro de esta categoría, se emplean dos tipos de cable:

- Coaxial grueso ("thick").
- Coaxial fino ("thin").

CABLE	CARACTERÍSTICAS
10-BASE-5	Cable coaxial grueso (Ethernet grueso). Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg. Segmentos: máximo de 500 metros.
10-BASE-2	Cable coaxial fino (Ethernet fino). Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg. Segmentos: máximo de 185 metros.

Tabla 1.3 Transmisión en banda base

1.3.2.5.1 COAXIAL GRUESO ("THICK")

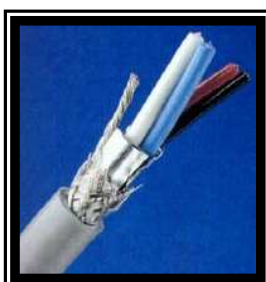


Fig. 1.7 Cable coaxial grueso [7]

Es el cable más utilizado en la mayoría de las primeras redes, ya que su capacidad en términos de velocidad y distancia es grande pero el costo del cableado en si es alto y el grosor no permite la utilización de este tipo de cable en canalizaciones con demasiados cables, de aproximadamente 1,27 centímetros de diámetro.

Una de las propiedades de este tipo de cables es que cuando mayor sea el grosor del núcleo de cobre, más lejos se puede transportar las señales, siendo capaz de llevar una señal a 500 metros. Debido a esta característica se lo utiliza a veces como enlace central (o backbone) que sirve para conectar varias redes pequeñas basadas principalmente en cableado coaxial fino. El conector utilizado para este tipo de cable es el tipo N.

1.3.2.5.2 COAXIAL FINO ("THIN")

Este tipo de cable es barato, flexible y fácil de instalar, de 0.64 centímetros de grueso. Puede transportar una señal hasta una distancia aproximada de 185 metros antes de que esta comience a sufrir atenuación mayor. El cable coaxial fino pertenece a la familia RG-58 su característica principal es el núcleo central de cobre, posee una impedancia de 50Ω . Las principales limitaciones para este tipo de cable es la distancia máxima que puede alcanzar un tramo de red sin regeneración de la señal.



Fig. 1.8 Cable coaxial fino [8]

El cable coaxial fino utiliza conectores BNC ("British National Connector") sencillos y de alta calidad ofrecen más seguridad.

1.3.3 FIBRA ÓPTICA

1.3.3.1 ¿DE QUE ESTÁN HECHAS?

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre, con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son; el núcleo que es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz, por efecto de su revestimiento o manto pueden ser fabricados en vidrio o plástico con diámetro de 50 a 125 micras.

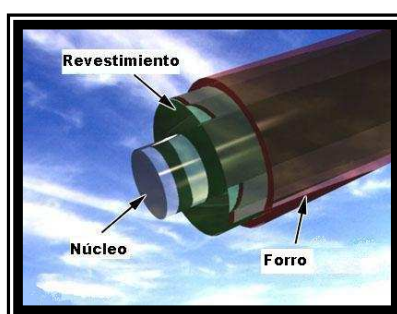


Fig. 1.9 Cable de Fibra óptica [9]

El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno.

1.3.3.2 PROPIEDADES DE LA LUZ

Espectro electromagnético.

El espectro luminoso se denomina espectro óptico. Luz visible es la parte visible del espectro óptico que a su vez forma parte del espectro electromagnético que tiene una amplia gama de frecuencias y longitudes de onda. Las ondas electromagnéticas se distinguen unas de otras tanto por sus propiedades, como por el procedimiento de su obtención. Sin embargo todas las ondas

electromagnéticas tienen la misma naturaleza y rapidez de propagación en el vacío.

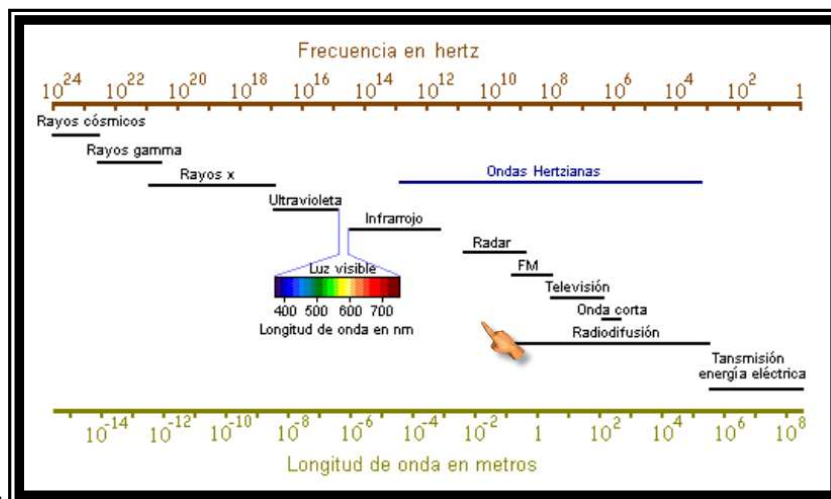


Fig. 1.10 Espectro Electromagnético [10]

1.3.3.3 PRINCIPIO DE TRANSMISIÓN DE LA LUZ

Dependiendo de la velocidad con que se propague la luz en un medio o material se le asigna un índice de refracción “n” el cual representa la relación entre la velocidad de la luz en el vacío ($C= 300000$ km/seg) y la velocidad en cualquier material (V) que no es constante, depende de la naturaleza del material en que se propaga la luz.

$$n = \frac{C}{V}$$

Material	Velocidad (Km./seg.) V	Índice de refracción n
Vacío	300.000	1,0000
Aire	299.900	1,0003
Agua	225.000	1,333
Cristal cuarzo	200.000	1,5

Tabla 1.4 Índices de refracción

Los efectos de reflexión y refracción que se dan en la frontera entre dos medios dependen de sus índices de refracción.

1.3.3.3.1 Reflexión Total

El ángulo θ_1 formado por el rayo incidente y la normal N a la superficie de separación en el punto de incidencia se denomina ángulo de incidencia; el ángulo formado por el rayo reflejado y la normal θ_1' se denomina ángulo de reflexión. El rayo reflejado se encuentra en el mismo plano que el incidente y la normal en el punto de incidencia, pero por el lado opuesto a esta normal; el ángulo de reflexión θ_1' es igual al ángulo de incidencia θ_1 : $\theta_1' = \theta_1$, que es la expresión de la ley de reflexión:

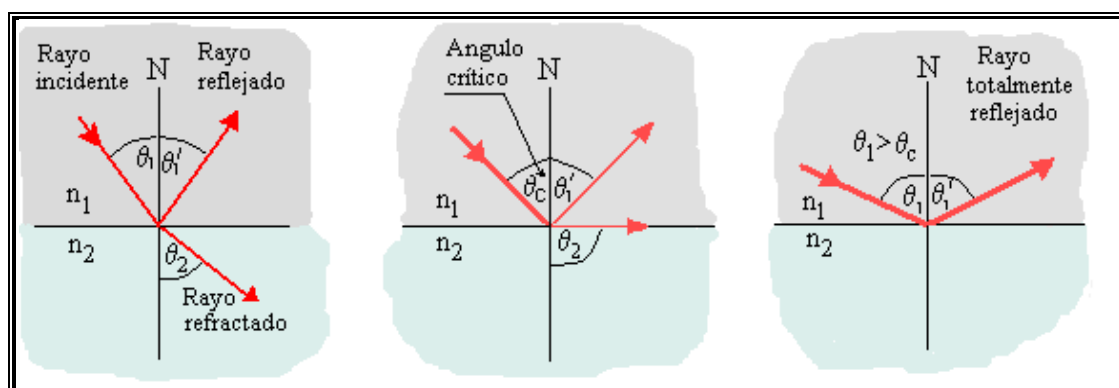


Fig. 1.11 Reflexión Total [11]

Esta igualdad se cumple solamente cuando los índices de refracción $n_1 \geq n_2$, o en otras palabras, que la reflexión total puede producirse exclusivamente cuando la luz pasa de una sustancia de mayor densidad óptica a otra de menor densidad.

1.3.3.3.2 Refracción

Se produce debido a que una onda electromagnética (luz o radio) viaja a una velocidad que depende de la densidad del medio por el que se desplaza. Cuando una onda pasa de un medio con cierta densidad, a otro medio con diferente densidad, su velocidad cambia, el efecto es que la dirección de la onda cambia una sola vez en el límite entre los dos medios

1.3.3.4 DESCRIPCIÓN

El principio básico de encendido y apagado de la comunicación con luz utilizado en el pasado es similar al utilizado hoy en las fibras ópticas. La señal de información a transmitir controla una fuente de luz encendiéndola y apagándola en una secuencia codificada particular o variando su intensidad, la luz se acopla a una fibra óptica que la guía a lo largo de la distancia de la comunicación. En el extremo del receptor, un detector decodifica la luz y reproduce la información de la señal. El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida. La tecnología actual de fibra óptica puede soportar velocidades de transmisión por encima de los 2.000 millones de pulsos por segundo (2Gbps). Esto se traduce en unas 60.000 llamadas telefónicas simultáneas.

La fibra óptica no tiene en cuenta el tipo de señal que se está propagando; esto la convierte en un medio versátil, disponible para prácticamente todo tipo de comunicación, incluyendo telefonía, video, televisión, imágenes, ordenadores, redes de área local (LAN), redes de área extendida (WAN), sistemas de control, etc.

La técnica de transmisión de la luz se pueden dividir en tres grandes categorías: modulación digital, modulación analógica, modulación digital con conversión analógica-digital. La modulación digital cambia la conversión de una señal de entrada eléctrica digital en una secuencia similar codificada de pulsos de luz (digital) debido a que todas las comunicaciones entre ordenadores usan comunicaciones digitales eléctricas. Un cable de fibra óptica se usa frecuentemente como un medio de comunicación para muchas aplicaciones diferentes, bastantes compañías telefónicas, por ejemplo; están desplegando la fibra óptica para suministrar comunicaciones entre sus oficinas centrales, entre ciudades a lo largo de los países o sobre largas rutas oceánicas. En la actualidad

existen planes para llevar la fibra directamente a casa para transmisiones de video, voz y datos de alta calidad.

Las compañías de televisión por cable están desplegando cables de fibra óptica para llevar señales de alta calidad desde su central principal hasta las localizaciones de las centrales pequeñas de cada ruta, distribuidos alrededor de las ciudades. La fibra óptica mejora la calidad de las señales de televisión y aumenta el número de canales disponibles. La fibra óptica es ideal para comunicaciones de datos, se pueden conseguir velocidades muy altas de transmisión de datos con cable fino de fibra óptica. Las señales no se ven distorsionadas por interferencias y no causan ningún tipo de interferencia por sí mismas.

La industria utiliza las comunicaciones vía fibra óptica para mejorar la fiabilidad y capacidad de los transmisiones de datos y control. Debido a la inherente naturaleza de las comunicaciones ópticas, la fibra es inmune a todas las interferencias eléctricas provocadas por grandes motores, conmutadores, luces y otros dispositivos que se encuentran frecuentemente en entornos industriales. La versatilidad de las fibras ópticas permite que todas las transmisiones de datos de ordenador, teléfono, video, control y sensores se puedan llevar a cabo con un único cable de fibra óptica.

1.3.3.5 VENTAJAS

1.3.3.5.1 Tamaño y peso.

Un cable de fibra óptica tiene un diámetro mucho más pequeño y es más ligero que un cable de cobre de capacidad similar. Esto lo hace fácil de instalar, especialmente en localizaciones donde ya existen cables (tales como los tubos ascendentes de los edificios) y el espacio es limitado.

1.3.3.5.2 Interferencia Eléctrica.

La fibra óptica no se ve afectada por la interferencia electromagnética (EMI) o interferencia de radiofrecuencia (RFI), y no genera por sí misma interferencia. Las empresas eléctricas utilizan la fibra óptica a lo largo de las líneas de alta tensión para proporcionar una comunicación clara entre sus estaciones de distribución.

1.3.3.5.3 Aislamiento.

La fibra óptica es un dieléctrico, y transporta señales ópticas. Un cable de fibra óptica al ser un dieléctrico no conduce electricidad y puede suministrar un gran aislamiento eléctrico para varias aplicaciones. Puede eliminar la interferencia originadas por las corrientes a tierra o por condiciones potencialmente peligrosas causadas por descargas eléctricas en las líneas de comunicación, como son los rayos o las faltas eléctricas. Es un medio intrínsecamente seguro que se utiliza a menudo donde el aislamiento eléctrico es esencial.

1.3.3.5.4 Versatilidad.

Los sistemas de comunicación por fibras ópticas son los adecuados para la mayoría de los formatos de comunicaciones de datos, voz y video.

1.3.3.5.5 Expansión

Los sistemas de fibra óptica bien diseñados se pueden expandir fácilmente. Un sistema diseñado para una transmisión de datos a baja velocidad, por ejemplo; E1 (2.048 Kbps), se puede transformar en un sistema de velocidad más alta. El cable de fibra óptica utilizado puede ser el mismo.

1.3.3.5.6 Regeneración de la señal

La tecnología presente puede suministrar comunicaciones por fibra óptica más allá de los 70 km (43 millas) antes que se requiera regenerar la señal, la cual

puede extenderse a 150 km (93 millas) usando amplificadores láser. Futuras tecnologías podrán extender esta distancia a 200 km (124 millas) y posiblemente 1.000 km (621 millas). El ahorro en el costo del equipamiento del repetidor intermedio, así como su mantenimiento, puede ser sustancial. Los sistemas de cable eléctrico convencional pueden, en contraste, requerir repetidores cada pocos kilómetros.

1.3.3.5.7 Seguridad.

La fibra óptica ofrece un alto grado de seguridad. Una fibra óptica no se puede interferir por medio de mecanismos eléctricos convencionales como conducción superficial o inducción electromagnética, y es muy difícil de pinchar óptimamente. Los rayos luminosos viajan por el centro de la fibra y pocos o ninguno pueden escapar. Incluso si la intervención resultara un éxito, se podría detectar monitorizando la señal óptica recibida al final de la fibra. Las señales de comunicación vía satélite o radio se pueden intervenir fácilmente para su decodificación.

1.3.3.5.8 Fiabilidad y mantenimiento.

Los enlaces de la fibra óptica bien diseñados son inmunes a condiciones adversas de humedad y temperatura y se pueden utilizar incluso para cables subacuáticos. La fibra óptica tiene también una larga vida de servicio, estimada es más de treinta años para algunos cables. El mantenimiento que se requiere para un sistema de fibra es menor que el requerido para un sistema convencional, debido a que se requieren pocos repetidores electrónicos en un enlace de comunicaciones.

1.3.3.6 DESVENTAJAS

1.3.3.6.1 Conversión electro-óptica.

Antes de conectar una señal eléctrica de comunicación a una fibra óptica, la señal

debe convertirse al espectro luminoso [850, 1310, 1470, 1550, 1600 nanómetros (nm)]. Esto se realiza por medios electrónicos en el extremo del transmisor, el cual da un formato propio a la señal de comunicaciones y la convierte en una señal óptica usando un LED o un láser de estado sólido. A continuación, esta señal óptica se propaga por la fibra óptica. En el extremo del receptor de la fibra óptica, la señal óptica se debe convertir otra vez en señal eléctrica antes de poder ser utilizada. El costo de conversión asociado a la electrónica debería ser considerado en todas las aplicaciones.

1.3.3.6.2 Caminos homogéneos.

EL cable de fibra óptica se puede enterrar directamente, situar en tubos o disponer en cables aéreos a lo largo de caminos homogéneos. Para localizaciones como terrenos montañosos o algunos entornos urbanos pueden ser más adecuados utilizar otros métodos de comunicación sin hilos.

1.3.3.6.3 Instalación especial.

Debido a que la fibra óptica es predominantemente vidrio de sílice, son necesarias técnicas especiales para la ingeniería e instalación de los enlaces. Para este tipo de cable no se aplican los métodos convencionales de instalación de cables de hilos. También se requiere un equipamiento adecuado para probar y poner en servicio las fibras ópticas. Los técnicos deben ser capacitados para la instalación y puesta en servicio de los cables de fibra óptica.

1.3.3.6.4 Reparaciones.

Un cable de fibra óptica que ha resultado dañado no es fácil de reparar. Los procedimientos de reparación requieren de técnicos con mucha destreza y habilidad en el manejo de equipos. En algunas situaciones puede ser necesario reparar el cable entero. Este problema puede ser aún más complicado si hay un gran número de usuarios que cuentan con dicho servicio. Es importante por ello, el diseño de un sistema propio con rutas físicamente diversas, que permita

afrontar tales contingencias. Aunque puede haber muchas ventajas que favorezcan una instalación de fibra óptica, deberán ser analizadas cuidadosamente frente a sus desventajas en cada aplicación. Deberían ser analizados todos los costos de operación e implementación de un servicio de fibra óptica.

1.3.3.6.5 Conversores Luz- Corriente eléctrica

Este tipo de conversores convierten las señales ópticas que proceden de la fibra en señales eléctricas. Se limitan a obtener una corriente a partir de la luz modulada incidente, esta corriente es proporcional a la potencia recibida, y por tanto, a la forma de onda de la señal moduladora, para lo cual se utilizan detectores de luz denominados, foto detectores, las condiciones que deben cumplir para su utilización en el campo de las comunicaciones, son las siguientes:

- La corriente inversa (en ausencia de luz) debe de ser muy pequeña, para así poder detectar señales ópticas muy débiles (alta sensibilidad).
- Rapidez de respuesta (gran ancho de banda).
- El nivel de ruido generado por el propio dispositivo ha de ser mínimo.
- Para tal efecto se usan dos tipos de fotodiodo: Detector PIN (juntura PN intrínseca), APD Fotodiodo de avalancha.

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

Detectores APD: El mecanismo de estos detectores consiste en lanzar un electrón a gran velocidad (con la energía suficiente), contra un átomo para que sea capaz de arrancarle otro electrón y así producir un efecto avalancha.

Estos detectores se pueden clasificar en los siguientes tipos:

De silicio: presentan un bajo nivel de ruido y un rendimiento de hasta el 90% trabajando en primera ventana. Requieren alta tensión de alimentación (200-300V).

De germanio: aptos para trabajar con longitudes de onda comprendidas entre 1000 y 1300 nm y con un rendimiento del 70%.

El PIN es menos costoso y menos sensible que el APD. La fibra multimodo y la fibra monomodo, pueden soportar diferentes longitudes de onda y emplear diodo láser o LED. En la fibra óptica normal de vidrio, la luz se propaga mejor en tres distintas longitudes de onda “ventanas”, centradas en 850, 1300 y 1500 nanómetros (nm).

1.3.3.6 Fuentes de luz

La fibra óptica permite la transmisión de señales luminosas y es insensible a interferencias electromagnéticas externas. La luz ambiental es una mezcla de señales de muchas frecuencias distintas, por lo que no es una buena fuente para ser utilizada en la transmisión de datos. Son necesarias fuentes especializadas:

- **Fuente Láser.** es un dispositivo que utiliza un efecto de la mecánica cuántica, la emisión inducida o estimulada, para generar un haz de luz coherente de un medio adecuado y con el tamaño, la forma y la pureza controlados.
- **Diodos Láser** Es un dispositivo semiconductor similar a los diodos LED pero que bajo las condiciones adecuadas emite luz láser. A veces se los denomina diodos láser de inyección, o por sus siglas inglesas LD o ILD. El diodo láser es más costoso, más eficiente y provee mayores velocidades de datos.
- **Diodos LED** es un dispositivo semiconductor que emite luz monocromática cuando se polariza en directa y es atravesado por la corriente eléctrica. El

LED es más económico y opera sobre un rango mayor de temperatura y tiene mayor vida útil. El color depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo y puede variar desde el ultravioleta, pasando por todo el espectro de luz visible, hasta el infrarrojo, éstos últimos reciben la denominación de diodos IRED (Infra-Red Emitting Diode).

Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

1.3.3.6.7 Amplificador óptico

En fibra óptica, un amplificador óptico es un dispositivo que amplifica una señal óptica directamente, sin la necesidad de convertir la señal al dominio eléctrico, amplificar en eléctrico y volver a pasar a óptico.

1.3.3.6.7.1 Amplificadores de fibra dopada

Estos amplificadores necesitan de un bombeo externo con un láser de onda continua a una frecuencia óptica ligeramente superior a la que amplifican.

Típicamente, las longitudes de onda de bombeo son 980 nm o 1480 nm y para obtener los mejores resultados en cuanto a ruido se refiere, debe realizarse en la misma dirección que la señal. Un amplificador óptico es capaz de amplificar un conjunto de longitudes de onda (WDM, wavelength division multiplexing).

1.3.3.6.7.2 Amplificador de fibra dopada con Erblio (EDFA)

El amplificador de fibra dopada más común es el EDFA (del inglés, Erbium Doped Fiber Amplifier) que se basa en el dopaje con Erblio de una fibra óptica. El erblio es un elemento (tierra rara) que cuando es excitada, emite luz alrededor de los 1.54

nm la longitud de onda de baja pérdida para fibras ópticas usadas en DWDM. Una señal débil entra en la fibra dopada con erbio, en la que se inyecta luz a 980 nm o 1480 nm usando una bomba láser. Esta luz inyectada estimula los átomos de erbio liberando su energía almacenada como una luz adicional de 1550 nm. Algunas características típicas son:

- Ganancia entre 15-40 dB
- Baja sensibilidad al estado de polarización de la luz de entrada
- Máxima potencia de salida: 14 - 25 dBm
- Ganancia interna: 25 - 50 dB
- Número de láseres de bombeo: 1 - 6
- Longitud de onda de bombeo: 980 nm o 1480 nm.

1.3.3.7 TIPOS DE FIBRA OPTICA

1.3.3.7.1 FIBRA MULTIMODO

1.3.3.7.2.1 Fibra óptica multimodo índice escalonado

En este tipo de fibra óptica viajan varios rayos ópticos simultáneamente, estos se reflejan con diferentes ángulos sobre las paredes del núcleo, por lo que recorren diferentes distancias, y se desfasan en su viaje dentro de la fibra, razón por la cual la distancia de transmisión es corta.

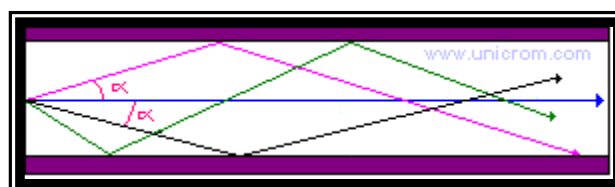


Fig. 1.13 Propagación fibra multimodo índice escalonado [13]

Hay que destacar que hay un límite al ángulo de inserción del rayo luminoso dentro de la fibra óptica, si este límite se pasa el rayo de luz ya no se reflejará, sino que se refractará y no continuará el curso deseado.

Parámetro	Valor
Ancho de Banda (B)	100 Mhz / Km
Pérdidas	5 a 20 dB / Km
Diámetro del Núcleo	200 a 1000 μm
Fuente	LED
Longitud de Onda λ	660 – 1060 nm

Tabla 1.6 Características fibra multimodo índice escalonado

1.3.3.7.2 Fibra Multimodal con Índice gradual

En este tipo de fibra óptica, el núcleo está constituido de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción, causando que el rayo de luz de refracte poco a poco mientras viaja por el núcleo, pareciendo que el rayo se curva como se ve en el siguiente gráfico.

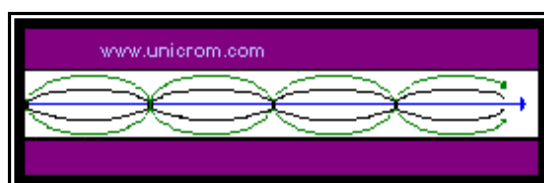


Fig. 1.12 propagación Fibra multimodo con índice gradual [12]

En estas fibras el número de rayos ópticos diferentes que viajan es menor que en el caso de la fibra multimodo índice escalonado y por lo tanto, su distancia de propagación es mayor. Tiene una banda de transmisión de 100 MHz a 1 GHz.

Parámetro	Valor
Ancho de Banda (B)	4 Ghz / Km
Pérdidas	0,3 a 0,5 dB / Km
Diámetro del Núcleo	8 a 10 μm
Fuente	Emisores específicos
Longitud de Onda λ	1330 – 1550 nm

Tabla 1.5 Características fibra multimodo índice gradual

1.3.3.7.2 FIBRA MONOMODO

Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz, esto se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño que sólo permite un modo de propagación. El núcleo de una fibra monomodo tiene solamente de 8 a 10 micrones de diámetro, siendo la más común de 9 micrones.

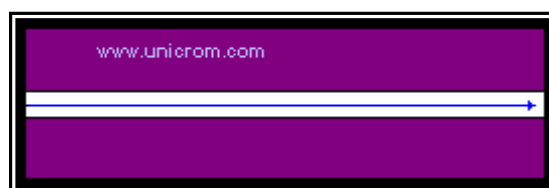


Fig. 1.14 Propagación de una fibra monomodo [14]

Los sistemas que implementan fibras monomodo utilizan como fuente de luz un láser infrarrojo, el haz de luz del láser generado por el emisor ingresa al núcleo en un ángulo de 90 grados. Consecuentemente, los haces de luz que transportan datos sobre una fibra monomodo son transmitidos en línea recta directamente por el centro del núcleo. Esto aumenta tanto la velocidad como la distancia a la que se pueden transmitir los datos.

Se utiliza en aplicaciones de larga distancia, más de 300 km, se usa con mayor frecuencia para la conectividad entre edificios.

	Multimodo de Índice Escalonado	Multimodo de Índice Gradual	Monomodo
Fuente Luminosa	LED o Láser	LED o Láser	Láser
Ancho de Banda	Amplio (hasta 0.2 GHz/km)	Muy Amplio (0.2 a 3 GHz/Km)	Extremadamente amplio (3 a 50 GHz/Km)
Empalme	Difícil	Difícil	Difícil
Aplicación Típica	Enlaces entre computadoras	Troncales Telefónicas de longitud moderada	Enlaces de Telecomunicación
Costo	Menos costosos	Más costoso	El más costoso
Diámetro del núcleo	50 a 125 mm	50 a 125 mm	2 a 78 mm
Diámetro del recubrimiento	125 a 440 mm	125 a 440 mm	15 a 60 mm

Tabla 1.7 comparación de los 3 tipos de Fibra Óptica

1.3.3.8 APLICACIONES

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica. Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia, que proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas. Una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 km, frente a aproximadamente 1,5 km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

Otra aplicación cada vez más extendida de la fibra óptica son las redes de área local. Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados como ordenadores (computadoras) o impresoras. Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios. El desarrollo de nuevos componentes electro-ópticos y de óptica integrada aumentará aún más la capacidad de los sistemas de fibra.

1.3.3.9 Tipos de Conectores

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores mas usados para la fibra óptica son el ST y el SC. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se hallan los siguientes:

- **FC**, que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- **FDDI**, se usa para redes de fibra óptica.
- **LC y MT-Array**, que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.

- **SC**, (Straight Connection) es un conector de inserción directa que suele utilizarse en conmutadores Ethernet de tipo Gigabit.
- **SC-Dúplex**, se utilizan para la transmisión de datos.
- **ST**, se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad, (Straight Tip) es un conector similar al SC, pero requiere un giro del conector para su inserción, de modo similar a los conectores coaxiales.

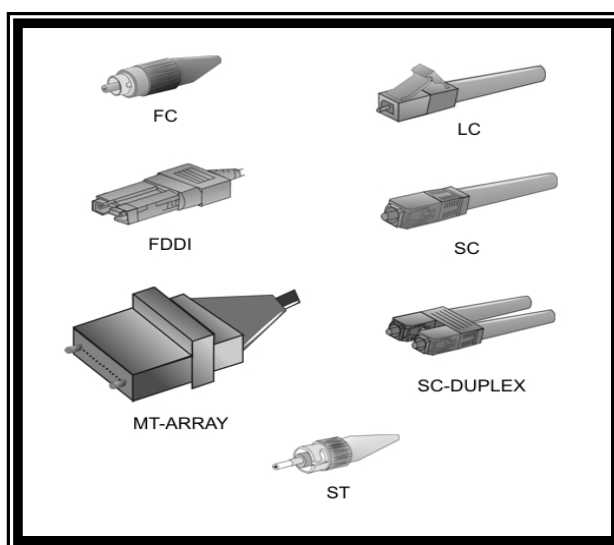


Fig. 1.15 Conectores para Fibra Óptica [15]

1.4 MEDIOS DE TRANSMISIÓN NO GUIADOS

La transmisión y la recepción se efectúan mediante antenas:

- En la transmisión se radia energía electromagnética en el medio (generalmente aire).
- En la recepción se captan las ondas electromagnéticas del medio que rodea a la antena.

Las configuraciones de transmisión son: direccional y omnidireccional. Los rangos de frecuencias considerados son los siguientes:

- Transmisiones inalámbricas

- Microondas
- Infrarrojos

1.4.1 MICROONDAS TERRESTRES

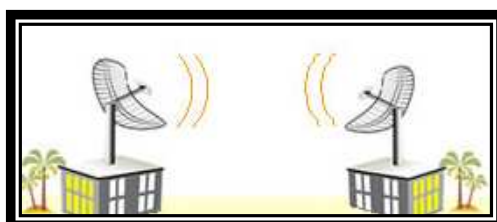


Fig. 1.16 Transmisión microonda terrestre [16]

1.4.1.1 Descripción física

La antena más común es la de tipo parabólico, de aproximadamente 3 m de diámetro, debe estar fija y perfectamente alineada con la receptora, en línea de vista. La forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en FM) o digital.

Para largas distancias se concatenan enlaces punto a punto entre antenas situadas en torres adyacentes, son susceptibles a la interferencia externa y la atenuación. Podemos citar algunas ventajas de las microondas terrestres como resulta ser mucho más barato que tener cable entre las estaciones.

1.4.1.2 Aplicaciones.

Se suelen utilizar en sustitución del cable coaxial o las fibras ópticas ya que se necesitan menos repetidores y amplificadores, aunque se necesitan antenas alineadas. Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes: Telefonía básica, Datos, Telégrafo, Canales de Televisión, Video, Telefonía celular.

1.4.1.3 Características de transmisión

La banda de frecuencias cubre de los 2 a los 40 Ghz, a mayor frecuencia corresponde mayor Ancho de Banda potencial y virtualmente mayor velocidad de Transmisión.

La principal causa de pérdida es la atenuación y esta aumenta con las lluvias, especialmente por encima de los 10 Ghz, para TV por cable se usa la banda de 12 Ghz.

Las licencias o permisos para operar enlaces de microondas pueden resultar un poco difíciles ya que las autoridades deben asegurarse que ambos enlaces no causen interferencia a los enlaces ya existentes. El clima y el terreno son los mayores factores a considerar antes de instalar un sistema de microondas.

1.4.2 MICROONDAS POR SATÉLITE

1.4.2.1 Descripción Física

Un satélite de comunicaciones es básicamente una estación que retransmite microondas, se utiliza como enlace entre dos o más receptores / transmisores terrestres llamados estaciones base. Los pasos operativos son los siguientes. El satélite recibe la señal en una banda de frecuencia llamada canal ascendente la cual se amplifica y se retransmite en otra banda de frecuencia llamada canal descendente.

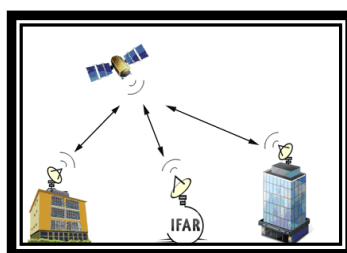


Fig. 1.17 Transmisión vía satélite [17]

Cada satélite geoestacionario operará en ciertas bandas de frecuencias llamadas “transponders”, estos están constantemente alineados con las estaciones base. Tienen un periodo de rotación igual al de la tierra, orbitando a 35.784 Km.

1.4.2.2 Aplicaciones

Las aplicaciones más importantes son:

- La difusión de televisión.
- La transmisión telefónica a larga distancia.
- Las redes privadas.

1.4.2.3 Características de transmisión.

El rango de frecuencias óptimo está entre 1 y 10 GHz.

En todos los casos debe tenerse presente el retardo de propagación como consecuencia de las distancias que debe recorrer la señal, un “salto al satélite” que comprende un satélite de transmisión desde una estación terrena a otra pasando por el satélite, tiene un retardo de $\frac{1}{4}$ seg aproximadamente.

1.4.3 ONDAS DE RADIO

1.4.3.1 Descripción física

Las ondas de radio son omnidireccionales, en tanto que las microondas son direccionales como consecuencia no se necesitan antenas parabólicas, no se requiere alineación de las antenas, las ondas de radio son un tipo de radiación electromagnética. Una onda de radio tiene una longitud de onda mayor que la luz visible.

1.4.3.2 Aplicaciones

Las ondas de radio comprenden las bandas de frecuencias desde 3 Khz a

300 MHz, abarcando:

- La banda VHF y parte de la UHF: de 30 MHz a 1 GHz.
- La radio comercial FM.
- La televisión UHF y VHF.
- Aplicaciones de redes de datos.

1.4.2.3 Características de transmisión

El rango de frecuencias entre 30 MHz y 1GHz es muy adecuado para la difusión simultánea a varios destinos.

Se presenta respecto de las microondas menos atenuación debida a la lluvia, la distancia entre antenas y la atenuación se calcula igual que para las microondas. La atenuación es menor debido a la mayor longitud de onda de las ondas de radio, se presentan las interferencias por multitrayectoria debido a la reflexión en la superficie terrestre, el mar u otros objetos.

1.4.4 INFRARROJOS

El infrarrojo es un tipo de luz que no podemos ver con nuestros ojos, se requieren transmisores / receptores (“transceivers”) que modulan la luz infrarroja no coherente.

Los transceivers deben estar alineados, directamente mediante la reflexión en una superficie coloreada, como el techo de una habitación. Los rayos infrarrojos, a diferencia de las microondas, no pueden atravesar las paredes, esto, reduce los problemas de seguridad y de interferencias.

Limita su utilización a ciertas aplicaciones, en esta banda no se necesitan permisos de los organismos reguladores.

CUADRO RESUMEN

	Par Trenzado	Cable Coaxial	Fibra Óptica	Microonda por Satélite	Microondas Terrestres	Ondas de Radio
Tecnología ampliamente probada	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Ancho de banda	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
Canales video	No	Si	Si	Si	Si	Si
Canal Full Duplex	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Distancias medias	100m 67 Mhz	500m (Ethernet)	2 km (Multi.) 100 km (Mono.)	Varios Km	Varios Km	Varios Km
Inmunidad Electromagnética	Media	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Seguridad	Baja	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Costo	Medio	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

Tabla 1.8 Resumen de los medio de transmisión guiados y no guiados

1.5 SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

1.5.1 REDES TELEFÓNICAS

La red telefónica está organizada de manera jerárquica. El nivel más bajo (las centrales locales) está formado por el conjunto de nodos a los cuales están conectados los usuarios. Le siguen nodos o centrales en niveles superiores, enlazados de manera tal que entre mayor sea la jerarquía, de igual manera será la capacidad que los enlaza. Con esta arquitectura se proporcionan a los usuarios diferentes rutas para colocar sus llamadas, que son seleccionadas por los mismos nodos, de acuerdo con criterios preestablecidos, tratando de que una llamada no sea enrutada más que por aquellos nodos y canales estrictamente indispensables para completarla (se trata de minimizar el número de canales y nodos por los cuales pasa una llamada para mantenerlos desocupados en la medida de lo posible).

Asimismo existen nodos (centrales) que permiten enrutar una llamada hacia otra localidad, ya sea dentro o fuera del país. Este tipo de centrales se denominan centrales automáticas de larga distancia. El inicio de una llamada de larga distancia es identificado por la central por medio del primer dígito, y el segundo dígito le indica el tipo de enlace (nacional o internacional; en este último caso, le indica también el país de que se trata). A pesar de que el acceso a las centrales de larga distancia se realiza en cada país por medio de un código propio, éste señala, sin lugar a dudas, cuál es el destino final de la llamada. El código de un país es independiente del que origina la llamada.

Cada una de estas centrales telefónicas, están divididas a su vez en 2 partes principales:

1. Parte de Control
2. Parte de Conmutación

La parte de control, se lleva a cabo por diferentes microprocesadores, los cuales se encargan de enrutar, direccionar, limitar y dar diferentes tipos de servicios a los usuarios.

La parte de conmutación se encarga de las interconexiones necesarias en los equipos para poder realizar las llamadas.

Los enlaces entre los abonados y las centrales locales son normalmente cables de cobre, pero las centrales pueden comunicarse entre sí por medio de enlaces de cable coaxial, de fibras ópticas o de canales de microondas. En caso de enlaces entre centrales ubicadas en diferentes ciudades se usan cables de fibras ópticas y enlaces satelitales, dependiendo de la distancia que se desee cubrir.

Las señales analógicas también presentaban otros problemas, entre los que cabe destacar el ruido, que se introducía en los enlaces, y cuya eliminación resultaba difícil (un claro ejemplo de ruido en la red telefónica son las interferencia o cruces de líneas que se producen a veces), y que el almacenamiento y tratamiento de las señales analógicas requerían técnicas complicadas y equipos sofisticados muy costosos. Las dificultades que se presentaron en la tecnología analógica hicieron que esta no fuera la más adecuada para mantener un intercambio de datos, y provocaron a parte de la creación de una red de datos especializada en la comunicación entre computadoras, la digitalización de las redes telefónicas, que todavía continúan actualmente para ofrecer un mejor servicio a los usuarios, además del abaratamiento de los equipos digitales en la actualidad.

Los pasos para el establecimiento de la comunicación entre dos ordenadores son:

- Primero. Uno de los ordenadores marca el número del ordenador destino.
- Segundo. Las centrales telefónicas establecen una línea de comunicación entre los dos ordenadores.
- Tercero. Al recibir el ordenador destino la señal de solicitud llamada, la atiende.
- Cuarto. Los ordenadores comienzan el intercambio de datos.

Pasos en el establecimiento de una comunicación digital

- Primero. La transmisión de los datos desde el domicilio de los abonados, por el bucle local, hasta la central local a la cual está conectado, se hace de forma analógica.
- Segundo. En dicha central se realiza una conversión de la señal analógica a una señal digital y desde la central local del usuario hasta la central local destino la transmisión en las centrales se hace de forma digital.
- Tercero. Cuando la información llega a la central de destino, está convierte la señal digital a una señal analógica y la transmisión se realiza con tecnología analógica a través del bucle local del usuario destino.

1.5.2 SISTEMA DE TV POR CABLE

La televisión por cable combina las antenas que permiten captar las señales electromagnéticas de televisión y el cable coaxial. El cable se esta convirtiendo actualmente en el canal por lo que se ofrecen servicios integrales de comunicación: datos, imágenes y voz. La televisión por cable hoy en día es sólo uno de los servicios que ofrecen los servicios de telecomunicaciones por cable.

La verdadera expansión de la programación específica para cable no se produce hasta la utilización de los satélites para la transmisión de los canales de televisión a las cabeceras de cable. El pionero fue HBO que inaugura sus emisiones por satélite en 1975. A esta nueva idea le siguieron otros nuevos canales y su continuo crecimiento desde mediados de los años setenta hasta nuestros días.

La televisión por cable es un sistema de distribución de la señal de televisión a partir de una estación de cabecera, donde se reciben las señales de TV procedentes de las emisoras terrestres y de varios satélites. La distribución se la realiza fundamentalmente por cable de fibra óptica desde la cabecera hasta un nodo de conexión de varios edificios, y a partir de este punto se realiza por cable coaxial.

Dadas las características de transmisión de señales de banda ancha tanto del cable coaxial como de fibra óptica, en un sistema de televisión por cable pueden transmitirse muchas señales de televisión y radio simultáneamente sin que se produzcan interferencias entre ellas. La televisión por cable se considera como un servicio más que puede llegar a la vivienda, al igual que el teléfono, la electricidad, etc.

Usualmente una empresa que brinda cable recibe en su central de procesamiento electrónico las siguientes señales:

Las señales de televisión y emisoras locales de radio en FM por medio de antenas diseñadas para longitud de onda específicas. Las señales distantes de televisión y radio en FM transmitidas por microondas por medio de una antena microondas y satelital.

Las señales que son recibidas en la central se procesan, estabilizan y combinan para su retransmisión a los suscriptores a través del cable. Una vez estabilizadas y procesadas, las señales son transmitidas a través de un cable central o principal (trunk cable) a toda la aérea de servicio. Los cables centrales son, básicamente, un sistema de transporte de señales habitualmente instalado en los postes de energía eléctrica o teléfono instalados previamente. En aquellas áreas en las que los sistemas de energía eléctrica y teléfonos son subterráneos, el sistema de cable se instala también bajo tierra.

Una de las consecuencias en la debilitación de la señal está relacionado con las transmisiones por cable coaxial. Por tanto, estas señales tienen que ser amplificadas, a intervalos determinados, mediante amplificadores instalados en el cable central. Podemos decir que la televisión por cable es un medio con demanda, ya que esta pasa de ser impuesta y unidireccional a elegible direccional, esto quiere decir el usuario no sólo elige el programa que desea ver en el ámbito que desee (nacional, internacional, etc.) y cuando quiere, sino que también mediante el sistema interactivo podrá hacerlo como quiera.

La estructura típica de una red de cable utiliza una “topología tipo árbol”.

Existen cinco partes principales en un sistema de cable:

- La cabecera,
- La red troncal,
- La red de distribución,
- La acometida y
- Los equipos terminales (equipo de suscriptor).

Cabecera Es el punto de origen de las señales a transmitir. Cuenta con antenas parabólicas para recibir señales satelitales, antenas de alta ganancia para TV abierta, máquinas de video para reproducir material grabado y estudios de producción (sólo en algunos casos).

Red troncal Transporta la señal a la zona que requiere del servicio. Se busca conservar la calidad de la señal, utilizando equipos amplificadores.

Red de distribución Se conecta a la red troncal mediante un amplificador puente y pasa por enfrente de las casas, generalmente a un lado de los cables de luz.

Acometida Es un cable coaxial flexible utilizado para llevar la señal desde el cable de distribución hasta la casa.

TAP Es la interfaz entre el cable troncal y el cable de distribución, así como entre el cable de distribución y la acometida.

Caja decodificadora (equipo terminal) Acondiciona la señal para poder ser reproducida en una televisión no fabricada con la capacidad de desplegar todos los canales que el cable transporta, o bien, sirve como filtro para proporcionar al suscriptor únicamente los canales que ha pagado.

1.5.3 REDES DE DATOS

Se denomina red de datos a aquellas infraestructuras o redes de comunicación que se han diseñado específicamente a la transmisión de información mediante el intercambio de datos. Las redes de datos, generalmente, están basadas en la conmutación de paquetes y se clasifican de acuerdo a su tamaño, la distancia que cubre y su arquitectura física.

Una red pública de telecomunicaciones, frecuentemente llamada Red Pública de Telefonía conmutada o PSTN consta de componentes de conmutación: los componentes de transmisión (enlaces) definen el medio real usado para la transmisión de datos y las técnicas de codificación, multiplexación y transporte, mientras que los componentes de conmutación (nodos) incluyen los transmisores y receptores para el encaminamiento de voz y datos con el uso de técnicas de conmutación de circuitos o paquetes. La transmisión de información digital computarizada sobre líneas telefónicas analógicas requiere un módem, que convierte las señales digitales en señales analógicas. Hay que diferenciar en los modos de transmisión la transmisión síncrona y la asíncrona.

La transmisión síncrona se transfiere la información en bloques (tramas) de bits que se sincronizan con señales de reloj. Este modo de transmisión usa caracteres especiales para empezar la sincronización y periódicamente se comprueba su precisión.

En la transmisión asíncrona se envía la información carácter a carácter como un conjunto de bits. Un bit de principio de carácter y otro de parada separan cada carácter, se utiliza un bit de paridad para la detección y corrección de errores. Cabe resaltar que normalmente los módems utilizan métodos asincrónicos.

Existen 3 modos de transmisión diferentes caracterizados de acuerdo a la dirección de los intercambios:

Una conexión simple, es una conexión en la que los datos fluyen en una sola dirección, desde el transmisor hacia el receptor. Este tipo de conexión es útil si los datos no necesitan fluir en ambas direcciones (por ejemplo: desde el equipo hacia la impresora o desde el ratón hacia el equipo...).

Una conexión semidúplex (a veces denominada una conexión alternativa o semi-dúplex) es una conexión en la que los datos fluyen en una u otra dirección, pero no las dos al mismo tiempo. Con este tipo de conexión, cada extremo de la conexión transmite uno después del otro. Este tipo de conexión hace posible tener una comunicación bidireccional utilizando toda la capacidad de la línea.

Una conexión full dúplex es una conexión en la que los datos fluyen simultáneamente en ambas direcciones. Así, cada extremo de la conexión puede transmitir y recibir al mismo tiempo, esto significa que el ancho de banda se divide en dos para cada dirección de la transmisión de datos si es que se está utilizando el mismo medio de transmisión para ambas direcciones de la transmisión, por ejemplo una transmisión vía satélite puede enviar y recibir datos al mismo tiempo.

Se dispone de una gama de métodos de conexión para la construcción de las redes de datos.

1.5.3.1 Conexiones de Líneas de enlace telefónicas

Una conexión temporal sobre líneas telefónicas analógicas entre un usuario y una red o entre dos redes. Se necesitan módems en ambos extremos, de acuerdo con las normas actuales las velocidades de transmisión cuando se utilizan técnicas de compresión son de hasta 56 Kbps.

1.5.3.2 Circuitos dedicados analógicos.

Son servicios dedicados a baja velocidad (menor a 64 Kbps) usado principalmente en transmisiones que no requieran una alta transferencia de

información, es similar a la línea de enlace telefónico, excepto que siempre está conectado. Ej. Cajeros automáticos.

1.5.3.3 Circuitos dedicados digitales

Las líneas digitales están diseñadas para transportar tráfico de datos, que es digital por naturaleza. En vez de utilizar un módem para cargar datos sobre una señal portadora digital, utilizará un canal de servicio digital/unidad de servicio de datos (CSU/DSU), el cual únicamente proporciona una interfaz a la línea digital. Las líneas digitales pueden transmitir tráfico de datos a velocidades de hasta 45 Mbps y están disponibles tanto para servicios dedicados como conmutados.

Son servicios para la transmisión de voz, datos, vídeo e imágenes en forma directa, no conmutada es decir que no haya un equipo intermedio que tramite la comunicación, entre un punto y otro.

Poseen en sus extremos equipos de alta tecnología que permiten enviar señales digitales a altas velocidades. Se cuenta con una red de alta velocidad digital como plataforma de dicho servicios. Las velocidades que se utilizan son:

- 64 Kbps
- Múltiplos de 64 Kbps hasta 2 Mbps
- Mayores a 2 Mbps

1.5.3.4 Circuitos conmutados digitales.

Permite la comunicación con todas las partes que tengan acceso a la red telefónica pública conmutada, puede conmutar para proporcionar conexiones a cualquier lugar y solo cuando se necesita, ya que los usuarios de este servicio solo pagan lo que utilizan. Esta operación proporciona mayor flexibilidad que los métodos anteriores, solo se conectan dos puntos durante la llamada.

1.5.3.5 Línea Dedicada De Fibra Óptica

Es un servicio de alquiler de líneas dedicadas de Fibra Óptica para interconexiones físicas en las configuraciones punto a punto y punto multipunto, reemplazando a las líneas de cobre, teniendo una comunicación mas confiable en cuanto al ancho de banda y alcance. Presenta varias ventajas respecto a líneas de cobre, como por ej. Atenuación muy baja, transmite señales digitales y analógicas, mayor seguridad en los enlaces, y precios.

1.5.3.6 INTERNET

En la actualidad es una enorme red que conecta redes y computadoras distribuidas por todo el mundo, permitiéndonos comunicarnos y buscar, transferir información sin grandes requerimientos tecnológicos ni económicos relativos para el individuo.

Otro factor que ha influenciado significativamente en la reciente popularidad de Internet es la Telaraña Mundial o World Wide Web (WWW) en inglés. La WWW permite desplegar gráficos y usar el mouse para "navegar" (visitar) los lugares en Internet.

Las posibilidades que ofrece internet se denominan servicios. Cada servicio es una manera de obtener provecho de la red de forma independiente, una persona podría especializarse en el manejo de uno solo de estos servicios sin necesidad de saber nada de los otros. Sin embargo, es conveniente conocer todo lo que puede ofrecer Internet para poder trabajar con los que más nos interese.

Los servicios de telefonía son las últimas aplicaciones que han aparecido para Internet, nos permiten establecer una conexión con voz entre dos personas conectadas a Internet desde cualquier parte del mundo sin tener que pagar el costo de una llamada internacional. Alguno de estos servicios incorporan no solo voz, sino también imagen.

1.6 SISTEMAS DE TRANSMISION DE DATOS

1.6.1 TECNOLOGÍA XDSL

Puesto que la red telefónica también tiene grandes limitaciones, tales como la de que su ancho de banda tan solo llega a los 4Khz, no permite el transporte de aplicaciones que requieran mayor amplitud de banda, nace la tecnología DSL (Digital Subscriber Line) o Línea de Abonado Digital.

XDSL es un grupo de tecnologías de comunicación que permiten transportar información multimedia a mayores velocidades, que las que se obtienen actualmente vía modem, simplemente utilizando las líneas telefónicas convencionales, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, que soportan un gran ancho de banda entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red, que permiten un flujo de información tanto simétrico como asimétrico y de alta velocidad sobre el bucle de abonado.

Esta tecnología ofrece servicios de banda ancha sobre conexiones que no superen los 6 km de distancia entre la central telefónica y el lugar de conexión del abonado; dependiendo de:

- Velocidad alcanzada
- Calidad de las líneas
- Distancia
- Calibre del cable
- Esquema de modulación utilizado.

La ventaja de las técnicas consiste en soportar varios canales sobre un único par de cables. Basándonos en esto, los operadores telefónicos proporcionan habitualmente tres canales: dos para datos (bajada y subida) y uno para voz.

1.6.1.1 TIPOS DE SISTEMAS XDSL

Dentro de la familia XDSL, y por orden cronológico de aparición, podemos encontrar:

Tipo DSL	Descripción	Velocidad de Datos	Limite de Distancia	Aplicaciones
IDSL	Línea de Abonado Digital RDSI (Red Digital de Servicios Integrados)	128 Kbps	5.5 Km en un cable calibre 24	Similar al servicio RDSI básico, pero solamente datos. (No voz en la misma línea)
DSL Lite	Sin Bifurcador "Splitterless"	Desde 1,544 Mbps a 6 Mbps de llegada dependiendo del servicio suscrito	5.5 Km en un cable calibre 24	El estándar ADSL; sacrifica velocidad, para no tener que instalar un Bifurcador en el punto de usuario doméstico o negocio.
HDSL	Alta velocidad de datos de línea de abonado digital	1,544 Mbps dúplex en dos cables trenzados, 2,048 Mbps Dúplex en tres pares de cobre trenzados	3,7 Km en un cable calibre 24	Servicio T1/E1 entre un usuario y la compañía con servicios de Redes de Área Amplia Local.
SDSL	DSL simétrico	1,544 Mbps dúplex (USA y CANADA), 2,048 Mbps (Europa) de llegada y de salida.	3,7 Km en un cable calibre 24	Igual a HDSL pero se requiere de un solo par trenzado.
ADSL	Línea de Abonado Digital Asimétrico	1.544 a 6.1 Mbps de llegada; 16 a 640 Kbps de salida	1.544 Mbps a 5.5 Km 2.048 Mbps a 4.9 Km 6.312 Mbps a 3.7 Km 8.448 Mbps a 2.7 Km	Utilizado para Internet, acceso al WEB, video, acceso remoto a redes LAN.
VDSL	Línea de Abonado Digital de alta velocidad.	12.9 a 52.8 Mbps Downstream; 1.5 a 2.3 Mbps de salida, 1.6 a 2.3 Mbps de llegada.	1.4 Km a 12.96 Mbps; 0.91 km a 25.82 Mbps; 0.3 Km a 51.84 Mbps.	Rede ATM, Fibra óptica en pequeña escala.

Tabla 1.9 Tipos de tecnologías XDSL

1.6.2 RDSI

La Línea RDSI o Red Digital de Servicios Integrados es la mejor solución para combinar flexiblemente diferentes tipos de comunicaciones (voz, datos, Internet, fax, videoconferencia) a través de una única línea.

Un Acceso Básico RDSI se compone de 2 canales de comunicación de alta velocidad (64 Kbps cada uno) que pueden utilizarse indistintamente para voz y datos. Adicionalmente, dispone de otro canal de 16 Kbps para señalización y provisión de servicios suplementarios. RDSI es una tecnología relativamente antigua, pero no es obsoleta, ha sido diseñada, como sucesor de las actuales redes telefónicas públicas, respecto de las que ofrece:

Comunicaciones simultáneas: voz mientras se navega en Internet, dos llamadas de voz, etc.

- Velocidad de transmisión de datos (64 a 128 Kb/s).
- Cuando no se realiza un uso intensivo de Internet, es más rentable que otras opciones.
- Puede instalarse ADSL sobre RDSI cuando el uso de Internet se incremente o si actualmente no dispone de cobertura.
- Gran funcionalidad frente a las redes telefónicas, como resultado del uso de un canal de señalización normalizado. Un único medio de acceso para transferencia de voz, imagen, datos y textos, por medio de conmutación de circuitos o de paquetes.

La segunda modalidad es el *acceso primario* de la RDSI, la cual proporciona 30 canales B (de 64Kbits/s cada uno) y un canal D (de 64Kbits/s) y confiere al usuario una capacidad total de transferencia de 2.048Kbits/s. Esta segunda modalidad es más adecuada para grandes usuarios que requieran una gran capacidad de transferencia de información sobre líneas telefónicas convencionales.

1.6.3 TRANSMISIÓN POR FIBRA

Las señales eléctricas enviadas de equipos de comunicaciones, ejemplo; teléfono, fax, terminal de datos, estas son transformadas en señales ópticas por medio de un conversor eléctrico-óptico (E/O) en el cual los niveles de señales eléctricas son transformados en señales ópticas. Por lo que un 1 y un 0 se convierten en

encendido y apagado de luz, estas señales son transmitidas a través de la fibra óptica. Las señales que se propagan en las fibras alcanzan el conversor óptico – eléctrico (O/E) en el lado de recepción sufriendo pérdidas de potencia y dispersión de la forma de onda en el proyecto. En el conversor óptico-eléctrico se realiza el procedimiento contrario, es decir las señales ópticas son convertidas en señales eléctricas.

El conversor eléctrico-óptico es realizado utilizando dispositivos emisores de luz, ya sean estos diodos láser (LD) o diodos emisores de luz (LED), y el conversor óptico-eléctrico con dispositivos receptores de luz como son los fotodiodos.

Para distancias grandes se instalan repetidores de línea en puntos intermedios a lo largo de la ruta según lo que sean requeridos, la función que tiene el repetidor es de convertir las señales ópticas de entrada en señales eléctricas, luego estas son amplificadas y, convertidas nuevamente en señales ópticas y alimentadas nuevamente en la fibra óptica. Actualmente se pueden amplificar la luz mediante el uso de amplificadores ópticos y se evita el inconveniente del repetidor.

1.6.3.1 PLANIFICACIÓN DE UN ENLACE DE FIBRAS ÓPTICAS

Los enlaces de fibra óptica están conformados por tendido de fibra óptica y por equipos ópticos de línea; los parámetros fundamentales de transmisión que hay que tener en cuenta en la planificación de un enlace son:

- Atenuación global del enlace
- Ancho de banda global del enlace

Adicionalmente existen otros factores que se debe tener en cuenta:

- Vida útil del enlace
- Envejecimiento de los equipos
- Estabilidad térmica

Estos factores obligan a trabajar con un margen capaz de garantizar el mantenimiento del enlace, dentro de los márgenes planificados, absorbiendo las inevitables atenuaciones que se introducirán durante la vida útil del mismo.

Para realizar un enlace de fibra óptica se siguen los siguientes pasos:

- **Medio físico del enlace**, para realizar un enlace se debe ver la posibilidad del medio físico en el que se realizará el tendido de fibra, en el cual se deberá estudiar la viabilidad y la configuración del tendido, ya sea este terrestre, aéreo o submarino, la distancia del enlace, la ubicación exacta de los equipos, etc.
- **Planificación de los parámetros de transmisión en un tendido de fibra óptica**, desde el punto técnico de planificación de un tendido de fibra óptica se basa en la determinación de dos parámetros fundamentales: Planificación de atenuaciones del tendido, es decir de las atenuaciones del conductor, los empalmes y los conductores; adicionalmente se dará un margen de reserva de atenuación del enlace, así como los márgenes de regeneración y recepción de los equipos. Con respecto al ancho de banda, este parámetro tiende a disminuir en forma proporcional a la longitud del tendido de fibra debido a factores como: La dispersión intermodal en las fibras multimodo, la distorsión intermodal o cromática en las fibras monomodo.
- **Caracterización del Transmisor y del Receptor**, este factor se lo realiza con los datos que suministra el proveedor de los equipos.
- **Análisis Global de la viabilidad del enlace**, este factor se lo analiza en base a los datos obtenidos en los puntos anteriores.

1.7 TÉCNICAS BÁSICAS DE MULTICANALIZACIÓN

Un multicanalizador (mux) dispositivo de telecomunicaciones que tiene como entrada muchos canales de información y que los combina (multicanaliza) para transmitirlos en un solo canal de comunicaciones. En el otro extremo debe existir otro mux que realiza el proceso contrario, es decir, desmulticanaliza la entrada en

varias salidas. Los canales de entrada pueden ser de diferentes fuentes (voz, datos, video, fax,..).La principal ventaja de la multicanalización es la de reducir los costos de la red al minimizar el número de enlaces de comunicación entre dos puntos.

Existen varias técnicas fundamentales de multicanalización:

- **TDM Frequency Division Multiplexing:** multicanalización por división de tiempo.
- **FDM Time Division Multiplexing:** Multicanalización por división de frecuencias.
- **WDM Wavelength Division Multiplexing,** Multicanalización por División de longitud de Onda.

1.7.1 FDM (Multicanalización Por División De Frecuencia)

Los multicanalizadores en FDM tienen como entrada varios canales trabajando en diferentes frecuencias y los combina en un solo ancho de banda. Cada usuario tiene asignada una frecuencia diferente. El ancho de banda del medio debe ser mayor que el ancho de banda de la señal transmitida, la señal lógica transmitida a través del medio es analógica, mientras que la señal recibida puede ser analógica o digital. Una de las desventajas son la diafonía y la intermodulación.

En televisión por cable, una red de cable es usada para transmitir diferentes canales de televisión los cuales utilizan diferentes frecuencias y cuyo ancho de banda de cada canal es de 6 MHz. Un espectro típico de este tipo de sistemas es de 500 a 800 MHz de ancho de banda, el cual es suficiente para dar cabida a más de 80 canales de programación. Cada canal funciona separadamente, los cuales al ser sintonizados en el televisor se desmulticanaliza un canal a la vez.

1.7.2 TDM (Multicanalización Por División De Tiempo)

La información analógica es primero convertida a formato digital antes de la transmisión. Un multicanalizador basado en TDM empaqueta un conjunto de

información (tramas de bits) de diferentes fuentes en un solo canal de comunicación en tiempos (muy cortos) diferentes. En el otro extremo estas tramas son otra vez reensambladas y llevadas a su respectivo canal. Los mux TDM como manejan tramas de bits son capaces además de comprimir la información al eliminar redundancias en los paquetes, muy útil en el caso de aplicaciones de voz y video.

Una aplicación típica de esta técnica es en los circuitos privados basados en el formato E1 (2.048 Mbps). Cada canal E1 contiene tramas con 32 canales de voz multicanalizados (30 canales son para voz y 2 canales son para la señalización). Esto permite que 30 conversaciones de voz sean transmitidas por un mismo canal simultáneamente multicanalizadas en el tiempo (obviamente, transparente al usuario).

En resumen los multicanalizadores optimizan el canal de comunicaciones y tienen las siguientes características:

- Permiten que varios dispositivos compartan un mismo canal de comunicaciones
- Minimizan los costos del comunicaciones, al rentar una sola línea privada para comunicación

1.7.3 WDM (Multicanalización Por División De Longitud De Onda)

Otra variante de FDM es WDM (Wavelength Division Multiplexing, Multicanalización por División de longitud de Onda). WDM en fibra óptica funciona muy similar a FDM en cable coaxial y en sistemas de microondas. Esta técnica involucra haces de luz a través de fibras ópticas, siendo posible que sean enviadas simultáneamente mas de 160 longitudes de onda por fibra. La idea es la misma, combinar diferentes señales de diferentes frecuencias, sin embargo aquí las frecuencias son muy altas (1×10^{14} Hz) y por lo tanto se manejan comúnmente en longitudes de onda (Wavelength).

WDM reúne diferentes longitudes de onda para formar la señal que se transmitirá. De manera similar a otras formas de multicanalización, WDM requiere que cada longitud de onda sea debidamente espaciada de las demás, con el objeto de evitar la interferencia intercanal.

1.7.4 DWDM (Multicanalización Por División De Longitud De Onda Denso)

Otra tecnología innovadora en las fibras ópticas (una nueva versión de WDM) es DWDM (WDM denso). En la actualidad los sistemas basados en DWDM pueden soportar más de 320 longitudes de onda equivalente a 320 canales de alta velocidad por fibra. Se están haciendo desarrollos para que en un futuro cercano se puedan transmitir más de 15,000 longitudes de onda por fibra con la tecnología conocida como "chirped-pulse WDM" de los laboratorios Bell. Con esta tecnología las fibras ópticas tendrán una capacidad inimaginable, todo gracias a la multicanalización.

El uso de (D) WDM permite a los propietarios de infraestructura dotar a la fibra ya instalada de más capacidad, casi de manera inmediata. DWDM así como WDM son técnicas de multicanalización muy importantes en las redes de transporte basadas en fibras ópticas. Los enlaces de comunicación óptica permiten el envío simultáneo de diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra dentro de la banda espectral que abarca los 1300 y los 1600nm. Ésta es una importante característica, posible gracias a la tecnología WDM, que consiste en combinar varias longitudes de onda dentro de la misma fibra.

1.7.5 ESTRUCTURAS DE MULTICANALIZACIÓN

La redes de transporte de la actualidad incluyen dos principales infraestructuras. La PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) y las SDH/SONET (Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network).

1.7.5.1 LA INFRAESTRUCTURA PDH

PDH define un conjunto de sistemas de transmisión que utiliza dos pares de cables (uno para transmitir, otro para recibir) y un método de multicanalización por división de tiempo (TDM) para interpolar múltiples canales de voz y datos digitalmente. Plesiocrono del griego plesio ("cercano" o "casi") y cronos ("reloj"), el cual significa que dos relojes están cercanos uno del otro en tiempo, pero no exactamente el mismo. Contrasta con isocronos, el cual significa "mismo reloj".

Estándares PDH utilizados en las telecomunicaciones mundiales.

- **T1**, el cual define el estándar PDH de Norteamérica que consiste de 24 canales de 64 Kbps dando una capacidad total de 1.544 Mbps.
- **E1**, el cual define el estándar PDH europeo definido por la ITU. E1 consiste de 30 canales de 64 Kbps (canales E0) y 2 canales reservados para la señalización y sincronía, la capacidad total nos da 2.048 Mbps.

PDH tiene muchas debilidades, algunas de ellas son las siguientes: No existe un estándar mundial en el formato digital, existen tres estándares incompatibles entre sí, el europeo, el estadounidense y el japonés. No existe un estándar mundial para las interfaces ópticas. La interconexión es imposible a nivel óptico, debido a las desventajas de PDH, por lo que era obvio una nueva técnica de multicanalización, nace así SONET/SDH.

1.7.5.2 LA INFRAESTRUCTURA SONET/SDH

SONET es el estándar norteamericano de transmisión de fibra óptica, mientras que SDH es el estándar europeo. Los sistemas de transmisión SONET/SDH son diseñados para sobrellevar las deficiencias de compatibilidad de los sistemas de transmisión PDH. La estructura escalable de SDH/SONET permite también la incorporación de otras tecnologías de redes ópticas y de banda ancha.

Los niveles de servicio de SDH/SONET incluyen:

- **OC** (Optical Carrier): define las velocidades de transmisión de SONET para señales ópticas en incrementos de 51.84 Mbps
- **STS** (Synchronous Transport Signal): define las velocidades de transmisión de SONET para señales eléctricas en incrementos de 51.84 Mbps
- **STM** (Synchronous Transport Mode): define las velocidades de transmisión de SONET para señales eléctricas y ópticas en incrementos de 155.52 Mbps.

SDH y SONET le brindan a los PST (proveedores de servicios de telecomunicaciones) más ancho de banda para transportar tráfico de voz y datos que la tecnología PDH. La tasa de transmisión base para SONET es 51 Mbps. STS-n se refiere a la señal de SONET en el dominio del tiempo y OC-n se refiere a la señal en el dominio óptico. La tasa base para SDH es 155 Mbps. STM-n se refiere a la señal SDH en ambos dominios, tiempo y óptico.

En lo que respecta a la disponibilidad, los enlaces de las redes basadas en SONET/SDH son altamente seguros. Debido a que su topología es de anillo, existen enlaces redundantes que en caso de que una fibra se corte, la ruta de transmisión seguirá funcionando con el enlace de respaldo y la comunicación será restaurada nuevamente dentro de un margen de 50 milisegundos.

La especificación SONET/SDH define el formato de trama, el método de multicanalización y sincronización entre el equipo, así como la especificación de la interface óptica. Una red de transmisión SONET/SDH está compuesta de varios equipos de telecomunicaciones, algunos de los más importantes se enuncian a continuación:

- Multicanalizador Terminal (TM, Terminal Multiplexer)
- Multicanalizador de inserción/remoción (ADM Add-drop Multiplexer)
- Repetidor/Regenerador
- Sistema digital de conexión cruzada (DCS, Digital Cross-Connect)

CAPITULO II

2 TRIPLE PLAY

2.1 INTRODUCCIÓN

El concepto de “Triple play” identifica la prestación de los servicios de voz, Internet y audiovisual, sobre una infraestructura común de transmisión de datos o IP.

2.1.1 QUÉ ES BANDA ANCHA?

“Banda Ancha” es un conjunto de tecnologías que permiten ofrecer a los usuarios altas velocidades de comunicación y conexiones permanentes. Permite a los proveedores ofrecer una variedad de servicios de valor agregado, que se realiza a través de una serie de tecnologías con el equipamiento adecuado para llegar al usuario final con servicios de voz, video y datos.

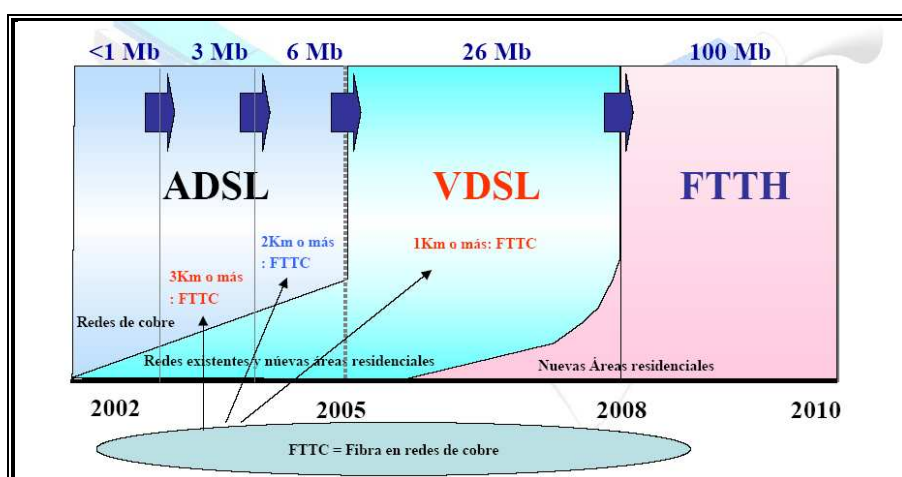


Fig 2.1 Evolución de las tecnologías de Banda Ancha. [1]

2.1.2 QUÉ ES LA ÚLTIMA MILLA?

La última milla es la conexión entre el usuario final y la estación local, central, o hub. Puede ser de manera alámbrica o Inalámbrica.

Existen inconvenientes con la Última Milla, como podemos citar:

El tipo de infraestructura tiene el costo más alto de todos los elementos de una red. Los costos iniciales son altos, especialmente si es necesario canalización.

Hay pocos usuarios en áreas rurales, y eso significa que la “milla intermedia” (desde el punto de acceso a la red de cobre) no se comparte eficientemente, por lo que se ofrecen altos precios a los clientes.

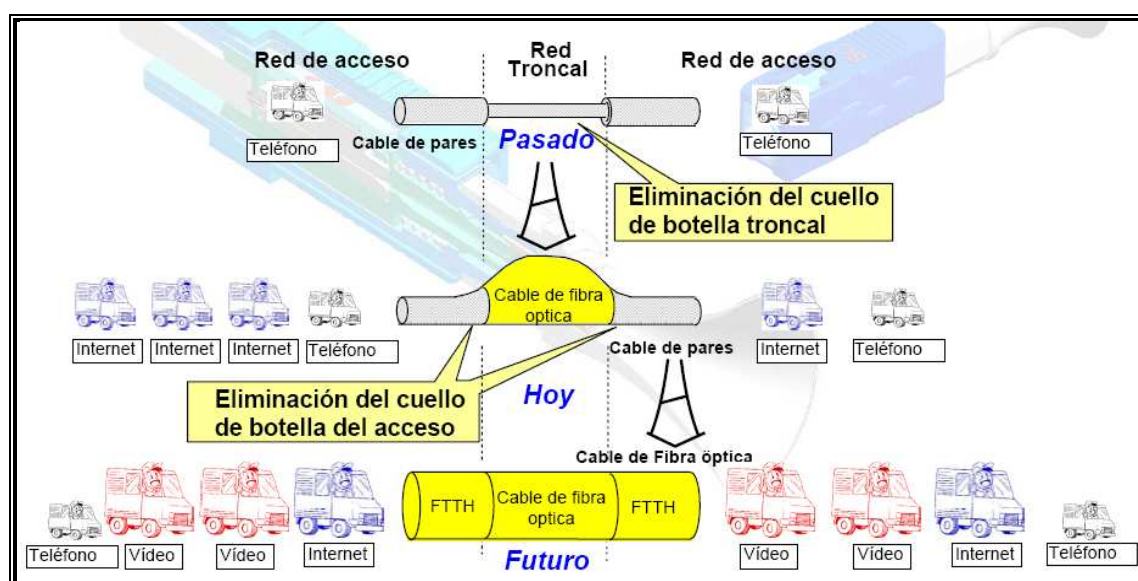


Fig 2.2 Triple play como impulsador de fibra. [2]

2.1.3 EVOLUCIÓN DE SERVICIOS

2.1.3.1 PASADO

- Una red especializada para cada servicio.

2.1.3.2 PRESENTE

- Aumento de las aplicaciones multimedia.
- Fuerte impulso hacia una red única
- Integración de Servicios y Aplicaciones.

El cable fue la primera tecnología en ofrecer el hoy llamado “Triple Play”, en los años 90, en EEUU, haciendo uso del ancho de banda de las redes HFC (Híbrida Fibra Coaxial). Así, se ofrecía: video, voz y datos.

Triple play en Telecomunicaciones se define como la transmisión de servicios de voz, Banda ancha y televisión, el cual se presenta como un desarrollo integral para las telecomunicaciones. Las compañías de cable han desarrollado sus redes para los grandes anchos de banda que requiere la televisión analógica y las telefónicas tienen una amplia experiencia en el transporte de voz digital y datos. Pero el avance tecnológico les favorece a ambas, por un lado la estandarización del protocolo IP y por otro el desarrollo de nuevas técnicas de compresión de video como el MPEG-4 que han permitido que técnicamente hoy el servicio Triple Play sea una realidad.

2.1.3.3 Principales factores que influyen en la migración a Triple Play

Importancia de cada factor de influencia para la decisión de usar un solo proveedor para voz fija, Internet y TV.

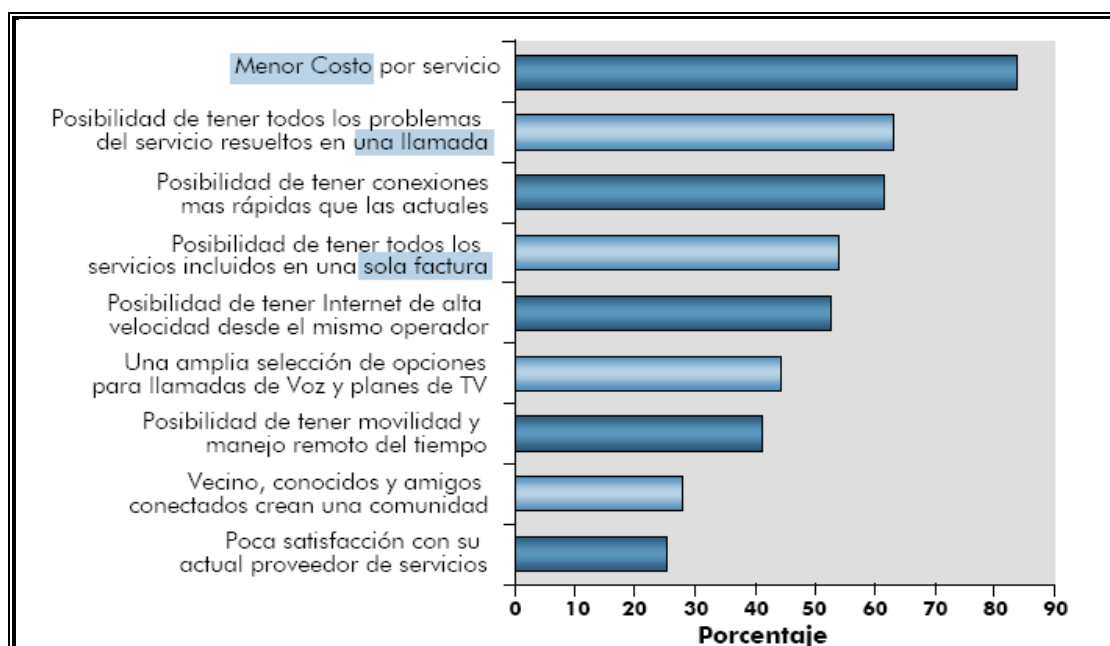


Fig. 2.3 estadísticas para ofrecer Triple Play por un solo proveedor [3]

2.1.4 CONVERGENCIA DE LOS SERVICIOS

El objetivo técnico a conseguir es que los servicios básicos para la comunicación hoy en día como; el teléfono, internet, televisión pagada y cualquier otro que pudiera surgir en el futuro puedan funcionar sobre una única infraestructura y a su vez todos funcionen dentro de unos parámetros de calidad aceptables. De esta forma sólo es necesario invertir en una única infraestructura para disfrutar de varios servicios distintos que hasta ahora solían tener infraestructuras propias.

Si nos fijamos detenidamente en la caracterización del servicio de datos y del servicio de voz, se comprueba que sus necesidades y comportamientos son diametralmente opuestos. En el caso de la voz, los anchos de banda son muy reducidos pero ese tráfico es muy sensible a retardos y en el caso de los datos, el ancho de banda necesario es muy elevado pero es bastante robusto ante retardos o jitter.

Además está el tráfico de video que a su vez puede ser de dos tipos distintos: televisión en vivo o programas que se emiten a una hora concreta y que pueden recibirlo muchos usuarios al mismo tiempo, y televisión a la carta o programas que pueden ser visualizados en cualquier momento por los usuarios.

La televisión en vivo se caracteriza porque hay un emisor y múltiples receptores simultáneamente, mientras que la televisión a la carta tiene un emisor y un único receptor en cada momento. Se ha de tener en cuenta que es muy poco probable que dos usuarios contraten el mismo programa de la carta en el mismo momento, por lo que el tráfico para cada usuario se considerará único.

Existe una tercera forma de pseudo-televisión a la carta en la que la emisión de los contenidos no es en cualquier momento, sino que hay varias horas de emisión y el usuario se conecta a la que más le interese. Su forma de distribución es parecida a la televisión en vivo.

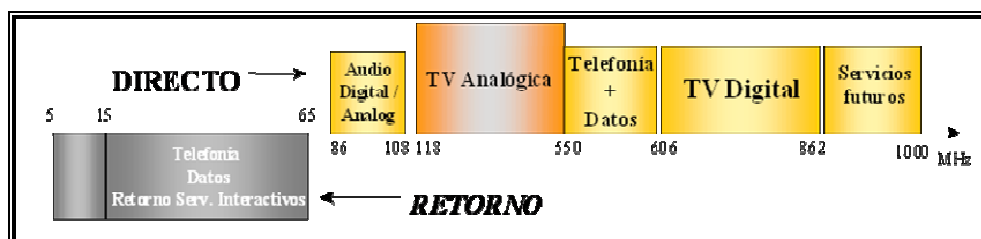


Fig. 2.4 Espectro de Frecuencias para los diferentes servicios [4]

La explosión de la banda ancha en nuestros días ha obligado a las operadoras de telecomunicaciones a incrementar el tamaño y alcance de sus redes de transporte para poder soportar todo el tráfico generado en la red de acceso de sus clientes residenciales y empresariales. La demanda de capacidad de transporte es cada vez mayor, debido a la introducción y proliferación de servicios y aplicaciones con gran consumo de ancho de banda (Internet de banda ancha, vídeo bajo demanda, redes de almacenamiento, etc.), a partir de tecnologías en la red de acceso como: ADSL, HFC, GPRS, etc. Un aspecto muy importante en el desarrollo de las redes de banda ancha es el hecho de que los servicios que demanda cada tipo de cliente son bastante diferentes, como lo son también los requisitos que imponen a las redes de soporte. Fundamentalmente, los usuarios residenciales van a enfocarse más a servicios relacionados con el Internet, televisión y juegos de todo tipo, servicios residenciales como teléfono, tele compra, etc. En cambio, las empresas y organizaciones de todo tipo precisarán de servicios multimedia para la transmisión bidireccional de toda clase de información. Las exigencias que estas necesidades impondrán a las redes van a ser muy superiores a las que planteen los usuarios residenciales.

2.1.4.1 Aplicaciones de convergencia.

En la actualidad la mayoría de las empresas migran a una plataforma que les permite brindar servicios de Televisión + Voz/Telefonía + Datos/Internet. La necesidad de brindar más de un servicio, para satisfacer las necesidades del usuario, ha ido evolucionando; como primer paso fue la consolidación de dos servicios sobre la misma plataforma Doble Play primer paso hacia el Triple Play.

Formas de ofrecer el Doble Play:

Telefónicas: Telefonía + Internet/Datos, Cable TV: Televisión + Internet/Datos,
 Datos: Datos/Internet + Telefonía

En la actualidad ya se pueden ofrecer los tres servicios juntos denominados Triple Play.

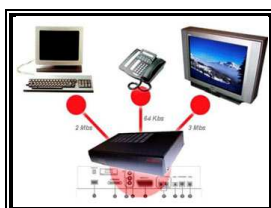


Fig. 2.5 Servicios del Triple Play [5]

Requerimientos para la evolución:

- Migración a una arquitectura de tipo celular
- Digitalización de los servicios.
- Capacidad de paquetizar servicios.

2.1.4.2 Evolución de Servicios vs. Ancho de Banda

Proyección para Servicios de Datos

Ancho de banda previsto: 10 Mbps

Proyección para Servicios de Video

A futuro se planifica brindar el servicio HDTV con un estándar de tasa de compresión de datos de 10 Mbps por canal de alta definición y un promedio de 2 TV por hogar. Ancho de banda previsto: 20 Mbps

TV video digital estándar 1,5 Mbps y un promedio 2 TV por hogar. Ancho de banda previsto: 3 Mbps

Proyección para Servicio Telefónico

Ancho de banda previsto (servicio básico): menos de 100 Kbps

Ancho de banda previsto (servicio video llamada): 384 Kbps

Total Necesario 33.3 Mbps

2.1.4.3 Acceso y Redes de Banda Ancha

Redes de acceso, cuyo comienzo lo constituyeron las redes de cobre a través de la red conmutada pública (PSTN) pero que, actualmente, coexisten con otras tecnologías que permiten un gran ancho de banda, como son la fibra óptica, los radio enlaces de microondas y el cableado coaxial presentes en las redes de televisión por cable, además del XDSL que permite aprovechar de manera más eficiente el bucle de abonado existente.

El concepto de integración debe ser entendido bajo varios puntos de vista: Integración como la variedad de servicios soportados sobre un medio de transporte digital común. Las comunicaciones de banda ancha consisten en las tecnologías y el equipamiento adecuado para ofrecer servicios de voz, video y datos.

- Redes de acceso vía fibra óptica: mención especial merecen las redes HFC, las redes de Fibra Óptica.

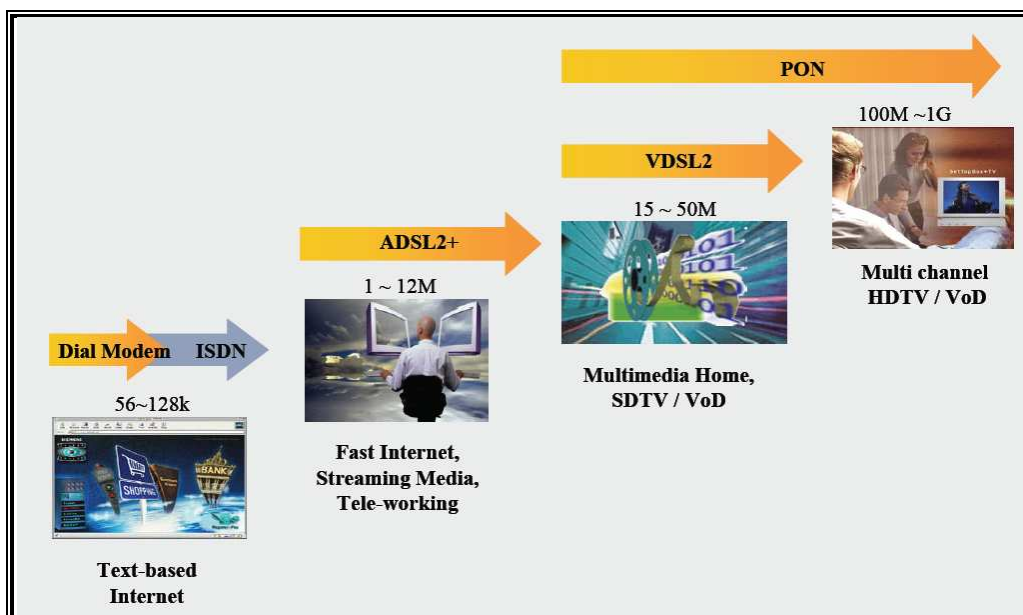


Fig.2.6 Evolución Tecnológica y Ancho de Banda [6]

2.2 Red Híbrida Fibra Coaxial (HFC)

Red HFC o híbrida fibra-coaxial se denomina de esta forma porque está compuesta tanto de enlaces de Fibra Óptica como también de cable coaxial, estas nacen en evolución a las antiguas redes CATV o televisión de antena. Las redes de acceso HFC constituyen una plataforma tecnológica de banda ancha que permite el despliegue de todo tipo de servicios de telecomunicación, además de la distribución de señales de TV analógica y digital.

Los operadores de TV por cable usan normalmente cable coaxial con Ancho de Banda de 300MHz (ó 450MHz). Estos cables deberían reemplazarse por uno de Ancho de Banda mayor: 750MHz ampliando la capacidad de 50 (ó 75) canales de 6MHz a 125 canales de 6MHz.

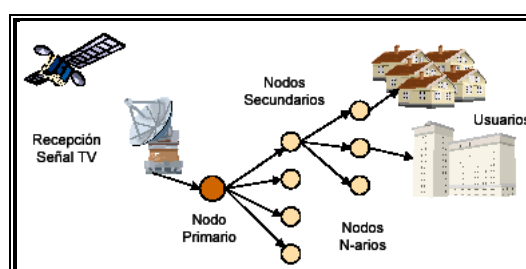


Fig. 2.7 Esquema tradicional de las redes HFC [7]

Además del servicio de distribución de señales de TV, la red HFC tiene capacidad para transportar servicios bidireccionales: Telefonía, Datos.

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA RED HFC:

Velocidades asimétricas: Download 10Mbit/s compartido,
Upload 768kbit/s o 3Mbit/s compartido.

Posibilidad de simetría hasta 10 Mbps.

Cada bus HFC tiene capacidades hasta 50Mbps en sentido red-usuario y 10Mbps en sentido usuario-red.

El tipo de cable que se utiliza: Cable coaxial de 75Ω .

Amplificadores cada 500 metros a 1 Km hasta 50 en cascada.

El hecho de convertir la red HFC en un medio bidireccional, teniendo en cuenta los anchos de banda disponibles en ambos sentidos, y el número de usuarios en un tramo de coaxial, permite desplegar redes de telecomunicación multiservicio (telefonía, datos, TV) efectivas.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN ÓPTICO

La transmisión de señales de TV por fibra óptica puede realizarse en dos longitudes de onda distintas, una de 1310 nm y otra de 1550 nm 2ª y 3ª ventana respectivamente. La elección de la ventana de transmisión se realizará en función de la distancia a cubrir y del tipo de red de distribución (óptica o coaxial). Para distancias inferiores a 30 km podemos transmitir en la 2ª ventana con láser DFB (láser de realimentación directa). Si la distancia es superior a 30 km se puede utilizar la 3ª ventana, con láser DFB con modulación externa, ya que permite la introducción de amplificadores ópticos en la red.

El problema que presenta HFC es que se usa un medio compartido sin conmutación ni ruteo. Cualquier información puesta en el cable puede ser 'leída' por cualquier abonado. De esta forma los operadores HFC necesitan que los suministradores de contenido (por ejemplo servidores de video, o proveedores de acceso a internet) encripten el flujo de datos, de manera que los usuarios no puedan ver un evento o acceder a un servicio por el que no han pagado.

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

- Elementos de red: dispositivos específicos para cada servicio que el operador conecta tanto en los puntos de origen de servicio como en los puntos de acceso al servicio.

- Infraestructura HFC: incluye la fibra óptica y el cable coaxial, los transmisores ópticos, los nodos ópticos, los amplificadores de radiofrecuencia, taps y elementos pasivos.
- Terminal de usuario: set-top-box, cable módems y unidades para integrar el servicio telefónico.

Una red HFC se compone básicamente de cuatro partes: la cabecera, la red troncal, la red de distribución y el bucle de abonados.

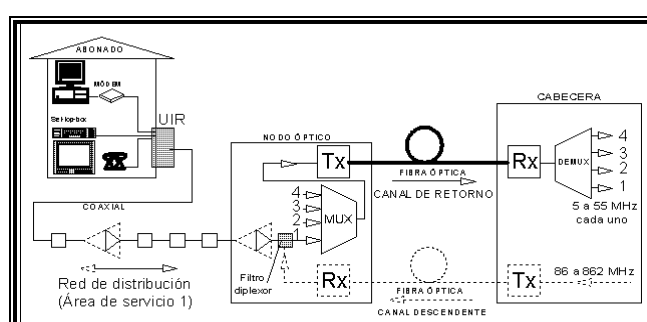


Fig. 2.8 Componentes de una Red HFC [8]

2.2.3 MULTIPLEXOR/DEMULTEPLEXOR CWDM

Como su nombre lo indica, este modulo es el encargado de modular o demodular la señal CWDM que viene del canal de fibra óptica. Este tipo de señales CWDM (course wavelength división multiplexer) viene de la familia de señales WDM, siendo esta la más sencilla y económica de todas.

El modulo CWDM tiene por característica un espaciamento de frecuencias de 2.500GHz (20nm), soportan hasta 18 longitudes de onda, alcance de hasta 80km y 2,5 Gbps. Esto supone de nuevo una mayor capacidad de integración y una reducción de costo. Estos filtros CWDM de banda ancha, admiten variaciones en la longitud de onda nominal de la fuente. Una vez que la señal sale del modulo CWDM, esta ingresa a un switch o router para su distribución.

2.2.4 TOPOLOGÍA DE LAS REDES HFC

Para pequeños núcleos urbanos, o bien, para urbanizaciones y zonas residenciales anexas a importantes núcleos poblacionales, las topologías basadas en estrellas simples y múltiples son especialmente adecuadas debido al escaso despliegue de red que se precisa, lo cual redonda en una menor inversión inicial que pueda hacer más rentable la explotación de núcleos urbanos grandes, medianos y pequeños.

Topologías más indicadas dependiendo del tamaño del núcleo poblacional.

Muy grandes núcleos urbano	Grandes núcleos urbanos	Núcleos urbanos medios	Pequeños núcleos urbanos
Anillo – anillo	Anillo – Estrella múltiple Anillo – Estrella simple	Anillo – estrella simple Estrella múltiple	Estrella múltiple Estrella simple

Tabla 2.1 Tipo de Topologías para diferentes necesidades.

2.3 REDES DE FIBRA ÓPTICA

Las redes ópticas se encargan de descomprimir y destrabar los cuellos de botella producidos en las redes de acceso, ofreciendo un ancho de banda flexible capaz de soportar los nuevos servicios de telecomunicaciones aumentando la calidad de los mismos, estos prometen a los usuarios un enorme incremento en el ancho de banda de la red de acceso hasta cientos de Gbps.

Evidentemente, las principales características que se buscan en estos equipos son su bajo costo, la facilidad de gestión, facilidad de configuración y mantenimiento remoto. Existen varias arquitecturas posibles de uso de la fibra.

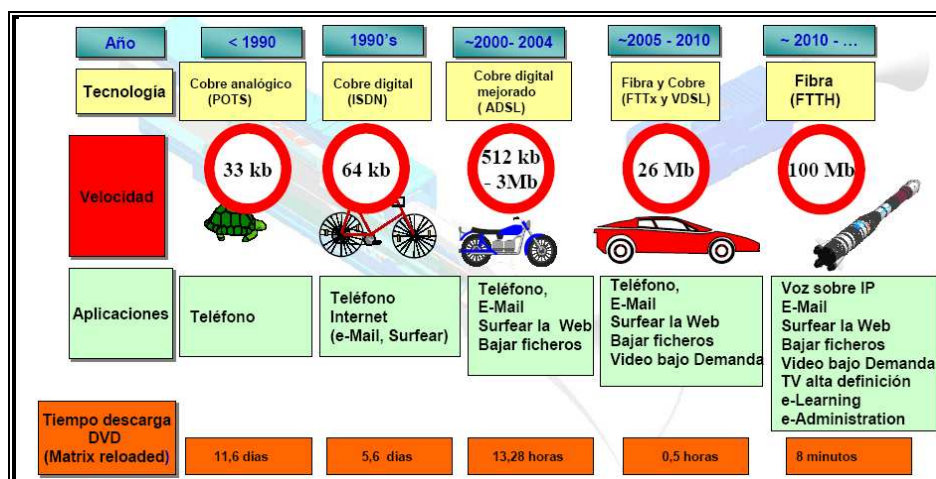


Fig. 2.9 Como cambiara la fibra al hogar nuestro estilo de vida [9]

2.3.1 REDES DE FIBRA PARA SERVICIOS INTERACTIVOS DE BANDA ANCHA

Servicios de banda ancha serán todos aquellos en los que la velocidad de transmisión en sentido descendente sea mayor a 2 Mbps y además no usa circuitos permanentes si no líneas conmutadas con acceso a redes IP.

Se puede distinguir de la siguiente manera:

- Por la cercanía del tramo de fibra al domicilio de cliente: FTTX

2.3.2 FTTX FIBER TO THE X (FIBRA HASTA X)

2.3.2.1 Motivación original y evolución

Para poder ofrecer servicios de banda ancha de manera masiva, resulta imprescindible disponer de una tecnología de acceso de elevada capacidad y bajo costo, que sea al mismo tiempo capaz de proporcionar los niveles de calidad de servicio adecuados para cada aplicación. Con el estado actual de la tecnología, las soluciones que se perfilan para conseguir este objetivo tan ambicioso se basan en el empleo de fibra óptica como medio de transmisión para alcanzar al usuario final. En la actualidad, las redes HFC y las líneas XDSL constituyen las

dos tecnologías líderes en la carrera de las redes de acceso residencial. No obstante, el continuo aumento de la demanda de ancho de banda por los usuarios y el progresivo abaratamiento de la fibra óptica, está dando lugar a considerar la posibilidad de utilizar este medio de transmisión para alcanzar al usuario. Históricamente los operadores de telecomunicaciones han utilizado sistemas de distribución híbridos de fibra y coaxial (HFC, Hybrid Fiber Coaxial). En este tipo de redes, la fibra óptica queda confinada al núcleo de la red (backbone), recurriéndose al empleo de cable coaxial para llegar hasta los usuarios finales.

La capacidad de este medio de transmisión es varios órdenes de magnitud inferior a la de la fibra óptica, por lo que se produce un efecto de “cuello de botella”. Para aliviar el problema, los operadores han comenzado a reemplazar porciones de cable coaxial por fibra óptica.

2.3.2.2 Introducción

Muchos operadores de cable buscan llevar la fibra óptica cada vez más cerca del abonado con el fin de aprovechar todas las ventajas que brinda la misma. Estas infraestructuras de acceso de alta capacidad, permiten ofrecer a los usuarios servicios de banda ancha tales como video bajo demanda o acceso de alta velocidad a Internet.

2.3.2.3 Arquitecturas FTTx

Arquitecturas FTTX (Fibra hasta “X”, donde “X” es sustituida por el lugar hasta donde la fibra es llevada). Como ejemplos de arquitecturas FTTX se pueden citar:

- FTTH (Fiber to the home) (100 Mbit/s o superiores). Fibra hasta el casa. Es la de mayor ancho de banda pero la más cara. Topología tipo estrella llegando una fibra a cada usuario. Servicios de más de 100 Mbps
- FTTC (Fiber To The Curb) Fibra óptica y par de cobre, fibra hasta el vecindario 10-100 hogares por fibra, Servicios de 50 Mbps

- FTTB (Fiber to the Building,) Fibra hasta el edificio, con cable coaxial o UTP hasta el usuario .Para servicios superiores a 70 Mbps, es más barato que la FTTH. 32 hogares por fibra.
- FTTN (Fiber To The Node) Fibra óptica y cable coaxial (Outdoor) 200 – 500 hogares por fibra Servicios de 30 Mbps, nodo a 200-300 m del terminal (hasta 50 Mbit/s) Similar a HFC.

Las soluciones FTTN y FTTB, aun con el empleo del par de cobre pueden ser soluciones transitorias para ámbitos con gran demanda de banda ancha. La elección de una arquitectura u otra dependerá fundamentalmente del costo unitario por usuario final y del tipo de servicios que quiera ofrecer el operador.

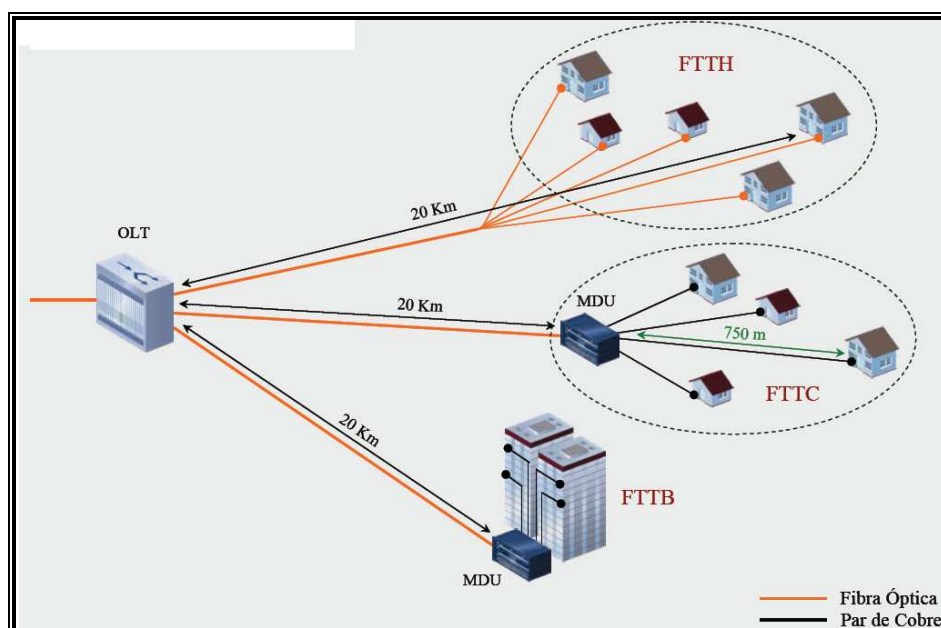


Fig. 2.10 Tecnologías FTTx [10]

2.3.2.3.1 FTTH – Fibra hasta la Casa

Bajo la denominación FTTH (Fiber to the home) se reúnen un importante número de estándares y soluciones cuyo objetivo es la prestación de servicios a los hogares a través de fibra óptica, prescindiendo así del tradicional cable coaxial y par telefónico.

Dentro de los estándares FTTH se encuentran las redes PON (Passive Optical Network Red Óptica Pasiva). En estas redes se define una arquitectura de red de fibra óptica de naturaleza compartida donde, desde un único OLT (Optical Line Terminal), es posible dar servicio a decenas de usuarios (ONT's) sobre un tendido monofibra en una topología tipo estrella. Se podrá brindar servicios avanzados, como el Triple Play, telefonía, Internet de banda ancha y televisión, a los hogares y negocios de los abonados.

2.3.2.3.2 Dimensión temporal del cambio

La migración a redes 'todo IP' y la sustitución de los cables de cobre por fibra óptica será un proceso que durara varios años y dependerá de varios factores:

- facilidades para la ocupación del dominio público (nuevas zanjas, etc.)
- nuevos desarrollos tecnológicos y estándares.
- demanda real de servicios con altas tasas de velocidad y QoS.

2.3.2.3.3 Comparación de Soluciones FTTH.

Entre las diferentes tecnologías con las cuales podemos ofrecer fibra óptica hasta la casa, citamos las siguientes:

- Ethernet punto a punto: La cuál funciona de la siguiente manera; $N / 2N$ fibras por usuario, es decir N fibras, $2N$ transceivers por lo que se requiere, costos de inversión muy elevados
- Curb Switched Ethernet 1 o 2: Las fibras desde la central requieren energía eléctrica para equipos activos, por lo cual necesita nodos cercanos, se utilizan 1 o 2 fibras. Para esto se necesita $2N+2$ transceivers ópticos, donde N es el número de fibras.
- Redes PON

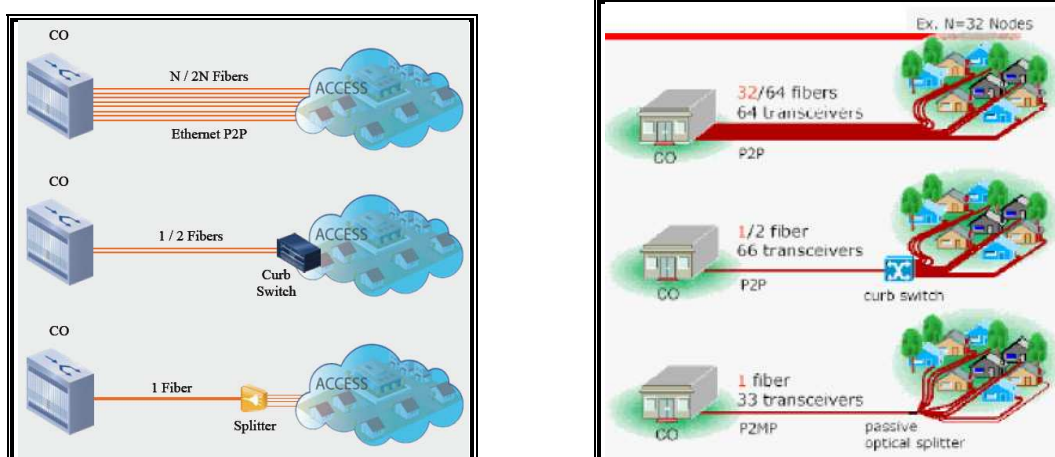


Fig. 2.11 Comparación de las Tecnologías FTTH. [11]

2.3.3 Estructura y elementos de red

Las arquitecturas más habituales para el despliegue de redes FTTH son las configuraciones:

- Punto a punto
- Redes ópticas pasivas (PON, Passive Optical Networks).

2.3.3.1 Configuraciones punto a punto

Este tipo de configuración requiere la existencia en la central o cabecera de un transceptor óptico por abonado. Estos dispositivos tienen un costo considerable, por lo que este tipo de configuraciones se usa fundamentalmente para abonados empresariales de cierta envergadura en entornos urbanos y metropolitanos.

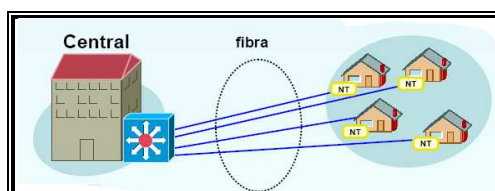


Fig. 2.12 Configuración Punto a Punto [12]

Para llevar la fibra directa hasta las empresas, existe un amplio abanico de soluciones disponibles. Como se ha indicado, hoy en día cada vez es más frecuente el empleo de conexiones directas sobre fibra, vía sistemas DWDM, para el despliegue de redes ópticas privadas. Estas redes pueden transportar cualquier protocolo y a distintas velocidades.

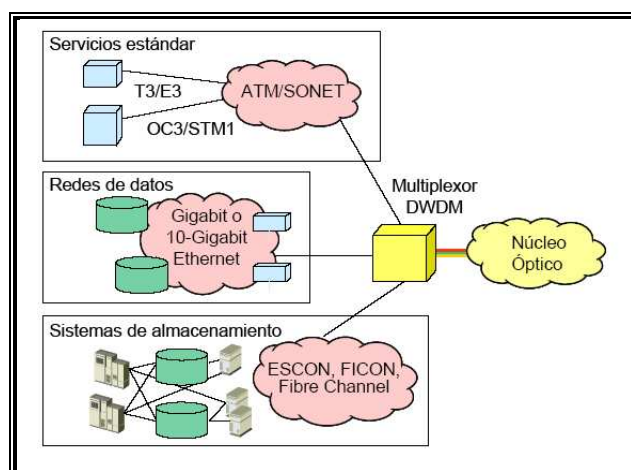


Fig. 2.13 Tecnologías de fibra directa en empresa [13]

Así, existen soluciones basadas en SONET/SDH, ATM, Gigabit Ethernet, ESCON (Enterprise System Connection) o FICON (Fiber Connectivity). Esto permite ofrecer al usuario la solución que mejor se adapte a sus necesidades. A menudo, SONET/SDH se tacha de anticuada por ser una tecnología TDM optimizada para tráfico de voz. No obstante, se trata de una solución muy extendida para el transporte de datos a alta velocidad, ampliamente utilizada en Internet y redes de datos de grandes empresas. Los canales ESCON proporcionan enlaces bidireccionales de 17 Mbit/s en distancias de 3 km sobre fibra óptica. Los canales FICON proporcionan enlaces bidireccionales de 100 Mbit/s en distancias de más de 20 km sobre fibra óptica y sin repetidores.

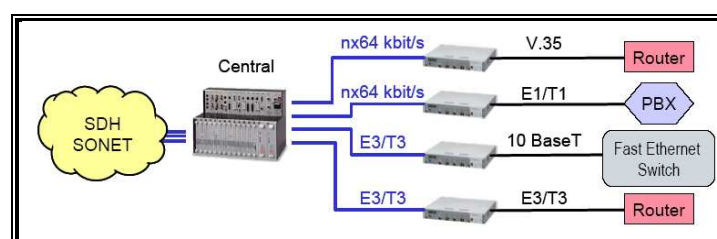


Fig. 2.14 Servicios transparentes en la última milla [14]

2.3.3.2 REDES ÓPTICAS PASIVAS PON

2.3.3.2.1 Historia

Las Redes Ópticas Pasivas PON toman su modelo de las redes CATV. Estas redes sustituyen el tramo de coaxial por fibra óptica monomodo y los derivadores eléctricos por divisores ópticos. De esta manera, la capacidad de la fibra permite ofrecer ancho de banda mejorado, superando la limitación típica de 36 Mbps de los sistemas cable módem.

2.3.3.2.2 Introducción a las redes PON

A medida que la fibra se abarata y los distintos organismos regulatorios de cada país se interesan más por las conexiones de redes de fibra óptica, los operadores y fabricantes ha comenzado a impulsar las tecnologías PON. En 1995, se formó el FSAN (Full Service Access Network), con el fin de promover estándares mediante la definición de un conjunto básico de requerimientos y, de este modo, mejorar la interoperabilidad y reducir el precio de los equipos.

Las Redes PON representan la base sobre la que se están construyendo las nuevas redes de acceso de banda ancha sobre fibra óptica hasta el hogar. Esta nueva aproximación tecnológica es conocida como FTTH (Fiber to the home).

2.3.3.2.3 Breve descripción de las topologías PON

Una Red Óptica Pasiva (PON) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el proveedor de servicios de telecomunicaciones y el cliente, introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos para encaminar el tráfico por la red. La utilización de estos sistemas pasivos cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico, también conocido como splitter, reduce considerablemente los costos de instalación y mantenimiento.

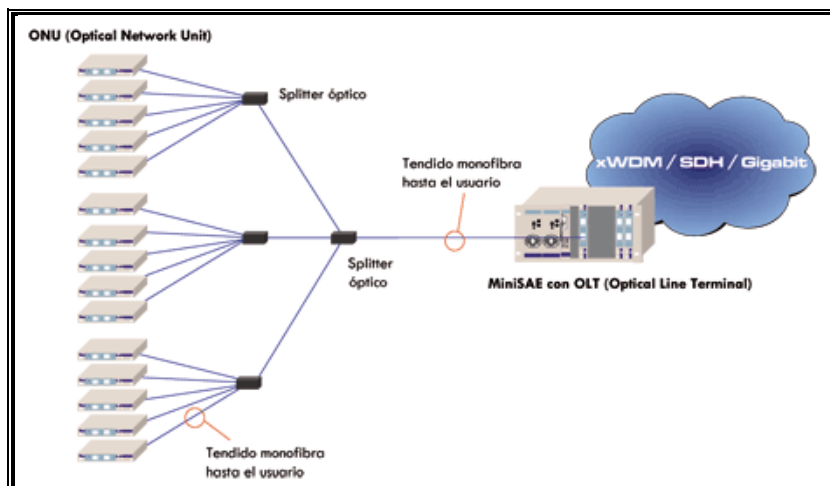


Fig. 2.15 Esquematización de la red PON [15]

Este tipo de configuraciones, permite el despliegue de una sola fibra desde la cabecera de red (un solo transceptor óptico), a partir de la cual se pueden derivar un cierto número de ramificaciones típicamente de 32 hasta 64 usuarios, dependiendo de la tecnología que se utilice. El alcance depende del número de derivaciones. Un valor de unos 10 a 20Km es aceptable. Se está trabajando en nuevos transceptores electro ópticos para 40Km.

La tecnología PON es una solución multiservicio. A pesar de poder proveer Triple Play cuando se tiene ADSL2+ o VDSL2, Giga bit PON (GPON) tiene muchas mayores ventajas tecnológicas de valor agregado cuando el operador desea ofrecer a sus clientes servicios “Triple Play”.

2.3.3.2.4 Elementos de una Red PON

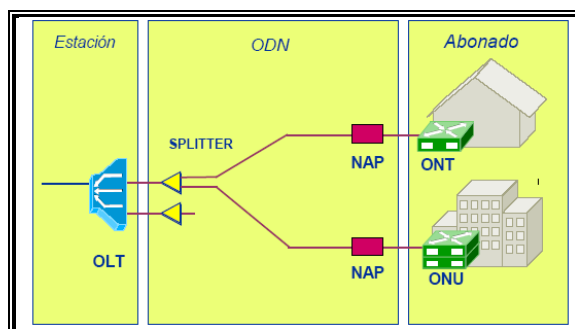


Fig. 2.16 Elementos de una red PON [16]

2.3.3.2.4.1 Elementos Activos:

- **OLT – Optical Line Termination** (Equipo Concentrador) localizada en el nodo óptico o central. Habitualmente la unidad OLT se interconecta con una red de transporte que recoge los flujos procedentes de varias OLT y los encamina a la cabecera de la red.
- **ONT – Optical Network Terminal** (Equipos Terminales de Usuario): Proveen interfaces de fibra óptica hacia la red ODN. Proveen interfaces FE / GE, POTS y CATV-RF a los abonados.

2.3.3.2.4.2 Elementos pasivos:

- **ODN – Optical Distribution Network** (Red Óptica de Distribución), compuesta por cables de fibra, divisores pasivos y acopladores.

2.3.3.2.4.2.1 Elementos de la ODN

Definición de ODN (Optical Distribution Network) es la red de fibra óptica existente entre la OLT y la ONT/MDU.

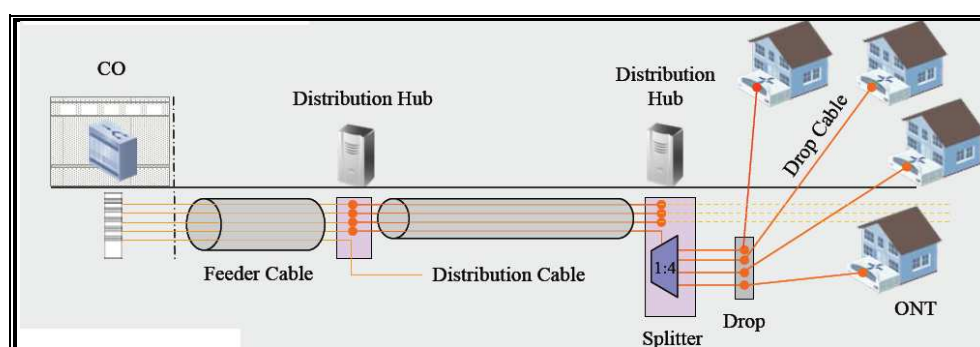


Fig. 2.17 Elementos de la ODN [17]

2.3.3.2.4.2.2 Composición de la ODN:

- Cables de Fibra Óptica

- Splitters (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32) sirve para dividir la señal óptica, en varias señales de salida.
- Empalmes
- Conectores
- Productos de conectividad; armarios, cajas de empalme, bandejas de empalme, cabinas exteriores.

2.3.3.2.5 Cómo Funciona una Red PON?

Por medio de un esquema multiplexado por longitud de onda se dividen todas las componentes necesarias para realizar la transmisión en forma ascendente y descendente.

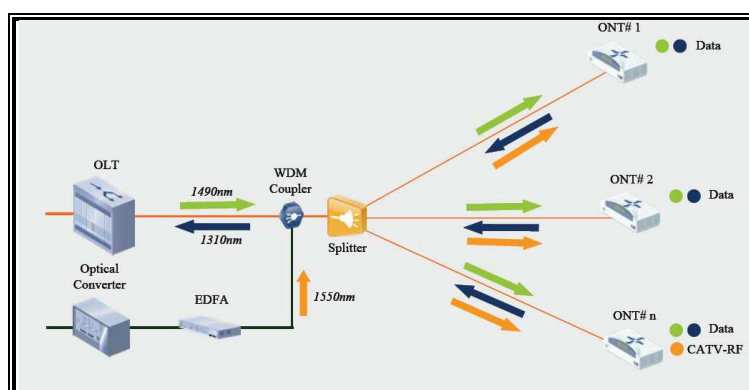


Fig. 2.18 Funcionamiento de una red PON [18]

Permite tráfico bidireccional en una sola fibra:

TX OLT (ascendente) = 1310nm y RX (descendente) OLT = 1490nm. Mediante un esquema TDM asociados a paquetes Ethernet completos se multiplexa el tráfico tanto en canal ascendente como en descendente.

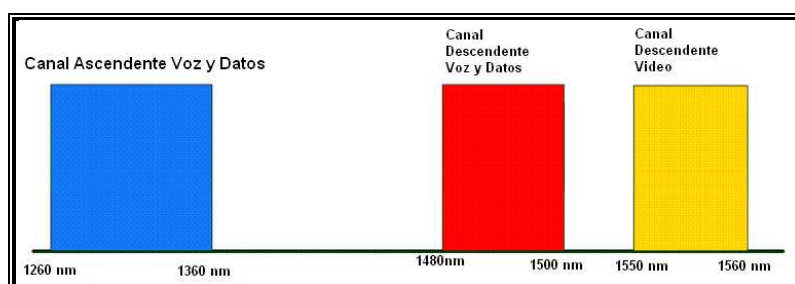


Fig. 2.19 Esquema de las ventanas de transmisión

Trabajando sobre monofibra, la manera de optimizar las transmisiones de los sentidos descendente y ascendente sin entremezclarse consiste en trabajar sobre longitudes de onda diferentes utilizando técnicas WDM (Wavelength Division Multiplexing).

Al mismo tiempo las arquitecturas PON utilizan técnicas de multiplexación en tiempo TDMA para que en distintos instantes temporales determinados por el controlador de cabecera OLT, los equipos ONU puedan enviar su trama en canal ascendente. De manera equivalente el equipo de cabecera OLT también debe utilizar una técnica TDMA para enviar en diferentes slots temporales la información del canal descendente que selectivamente deberán recibir los equipos de usuario (ONU).

2.3.3.2.5.1 Central-usuario canal descendente (*Downstream*)

La OLT envía el tráfico utilizando Broadcast.

La red óptica es totalmente transparente al envío de datos.

Cada ONT verifica su dirección en el encabezado de las tramas.

Debido a que las ONT reciben todo el tráfico, es necesario utilizar encriptación.

La OLT determina y le notifica a las ONT los Time Slots para el envío de datos.

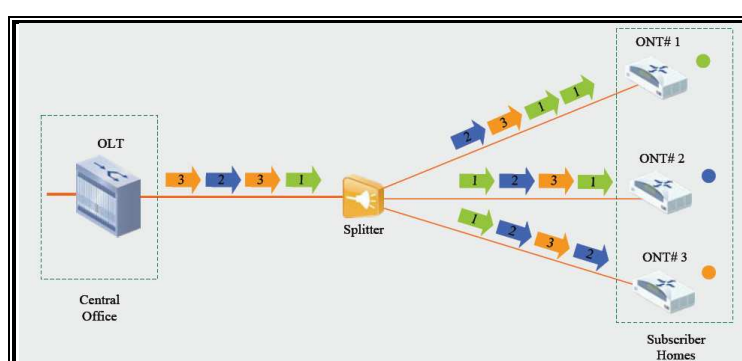


Fig. 2.20 Envío de datos al usuario [20]

En canal descendente una PON es una red punto multipunto. El equipo OLT maneja la totalidad del ancho de banda que se reparte a los usuarios en intervalos temporales.

2.3.3.2.5.2 Usuario-central canal ascendente (Upstream)

Es una red punto a punto donde múltiples ONU transmiten a un único OLT. La ONT toma el tráfico del puerto de usuario y lo mapea en tramas GEM. Los datos son transmitidos por medio de Time Slots asignados por la OLT. El esquema de transmisión es TDMA. Se requiere un estado de sincronismo muy preciso para evitar colisiones. Por medio de DBA se mapea el ancho de banda para cada ONT.

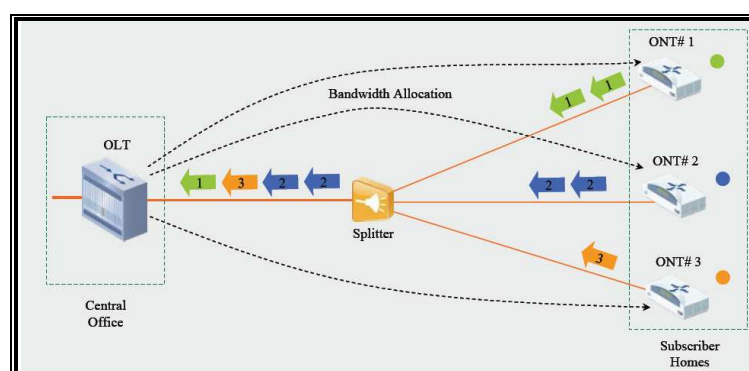


Fig. 2.21 Forma de interacción del la ONT y la OLT [21]

2.3.3.2.5.3 Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA)

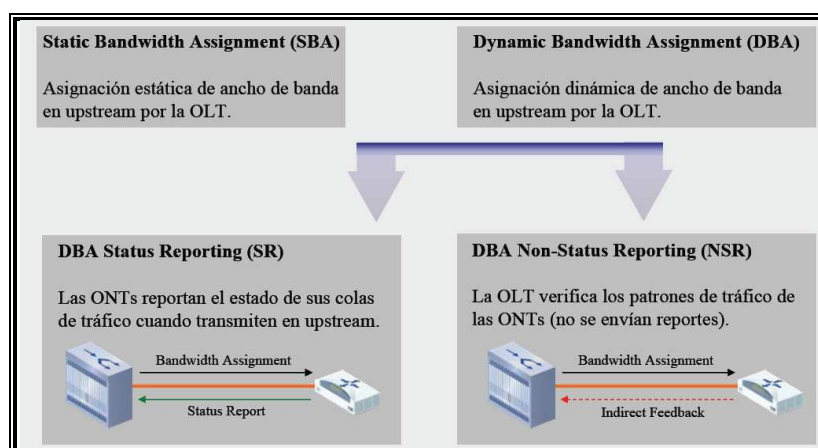


Fig. 2.22 Funcionamiento de la asignación dinámica del Ancho de Banda [22]

La asignación dinámica del ancho de banda es aquella que maneja el ancho de banda dependiendo del requerimiento de cada usuario, ya que cada ONT requerirá un ancho de banda diferente, por lo que la OLT trabajara de una manera

dinámica con cada ONT para poder brindar los servicios deseados por cada usuario.

2.3.3.2.5.4 Seguridad en el Envío de Datos

Se aplica solo en sentido Downstream.

Se generan llaves individuales entre cada ONT y la OLT.

Utiliza el modo de operación “Counter-Mode” que permite incrementar la robustez.

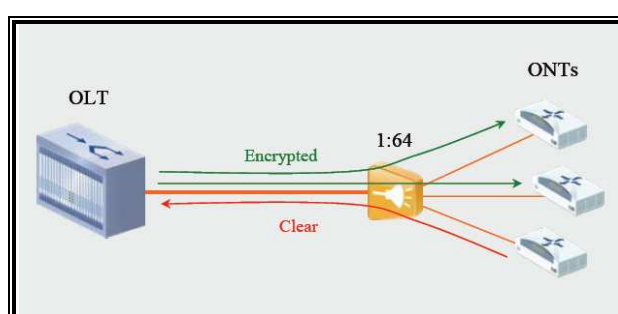


Fig. 2.23 Forma de Encriptación de la señal [23]

2.3.3.2.6 Fundamentos de Diseño

Se deben tener en cuenta los siguientes factores:

Donde colocar la OLT.

Donde colocar los Splitters.

Cuantos niveles de Splitters se utilizarán.

La topología resultante deberá ser flexible.

La arquitectura deberá ser escalable.

2.3.3.2.6.1 Donde Ubicar la OLT?

La OLT estará ubicada en la central de equipos, o dado el caso en un nodo el cual funcionara como centro de operaciones. Dependerá mucho del sitio de funcionamiento de la red, como puede ser en edificios, urbanizaciones, etc.

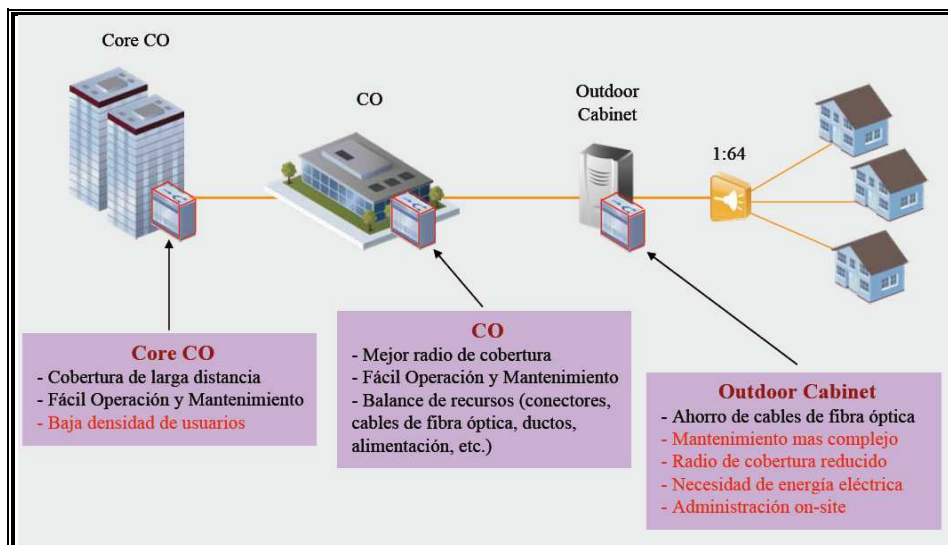


Fig. 2.24 Localización del OLT en diferentes sectores [24]

2.3.3.2.6.2 Donde Ubicar los Splitters?

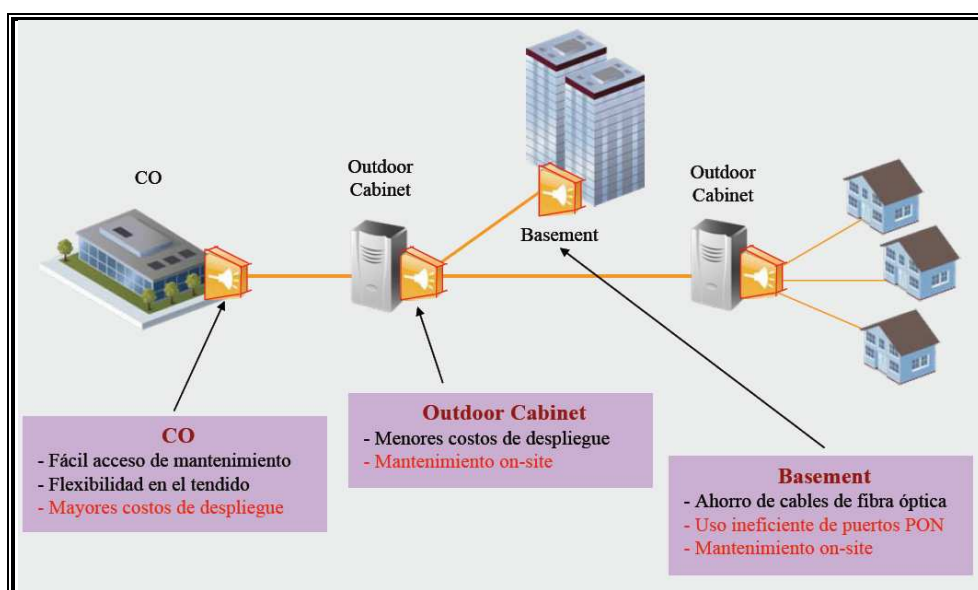


Fig. 2.25 Localización del Splitter en diferentes sectores [25]

Los splitters son la parte de división de la red, y la ubicación dependerá del número de usuarios que la red podrá disponer, por lo que se podrá ubicar en; edificios, cajas de empalme, bandejas de empalme, armarios, dependerá de la ubicación geográfica de la red y de la forma de llevar la red, sea esta por vía aérea o canalizada.

2.3.3.2.6.3 Un Nivel o dos Niveles de Splitter?

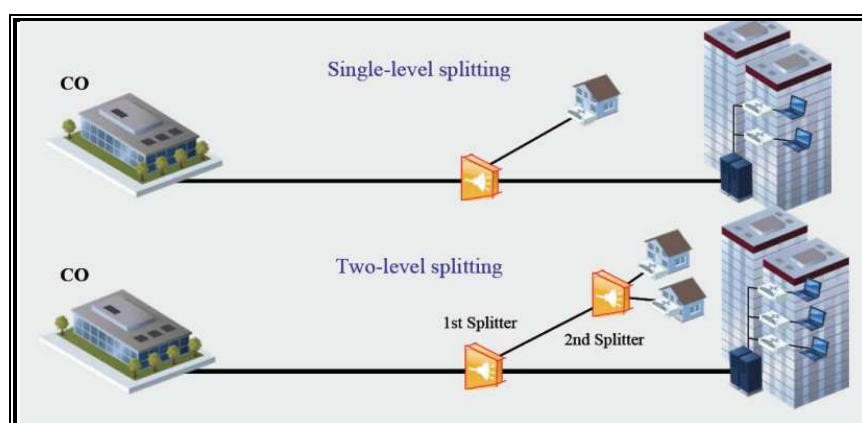


Fig. 2.26 Comparación de niveles de Splitter [26]

Un solo nivel de Splitter facilita el mantenimiento y las pruebas de campo. Tener dos niveles de Splitter reduce en gran medida los costos de despliegue debido al ahorro en cables de fibra óptica.

2.3.3.2.6.4 Entonces Splitter Centralizado o en Cascada?

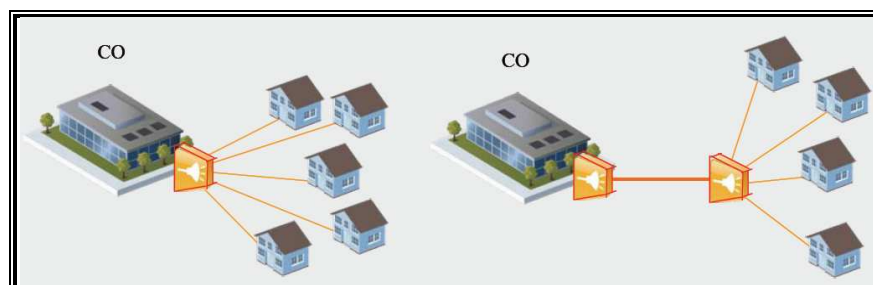


Fig. 2.27 Configuración del Splitter [27]

2.3.3.2.6.4.1 Centralizado

Gran eficiencia en el uso de puertos PON
 Flexibilidad en el despliegue de fibra óptica
 Fácil acceso de mantenimiento.
 Resultados óptimos al realizar pruebas con OTDR.
 Mayores costos de despliegue por abonado.

2.3.3.2.6.4.2 En Cascada

Menores costos de despliegue por abonado. Ideal para zonas con alta penetración de mercado. Menor eficiencia en el uso de puertos PON. Menor flexibilidad en el despliegue de fibra óptica. Acceso de mantenimiento on-site-Testing con OTDR ligado a la ingeniería de la ODN.

2.3.3.2.7 Topología de una Red PON

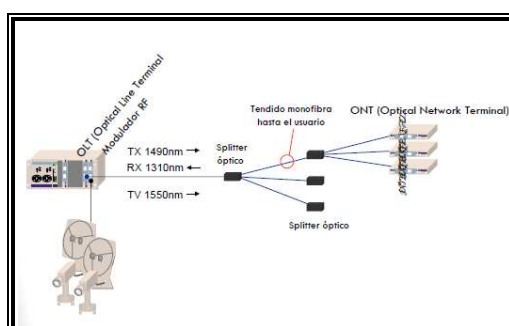


Fig. 2.28 Topología de las red PON [28]

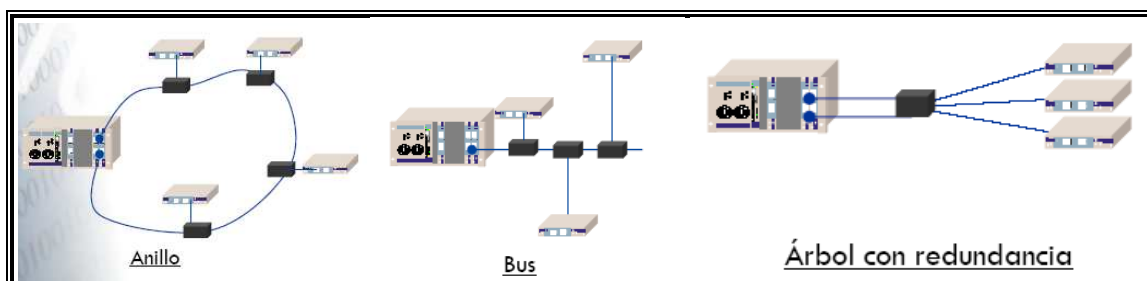


Fig. 2.29 Diferentes Topologías para las Redes PON [29]

Existen varios tipos de topologías adecuadas para el acceso a red, incluyendo topologías en anillo (no muy habituales), árbol, árbol-rama y bus óptico lineal. Cada una de las bifurcaciones se consiguen encadenando divisores ópticos 1x2 o bien divisores 1xN.

Las arquitecturas PON también han tenido que resolver otro aspecto importante: la dependencia de la potencia de transmisión del equipo OLT con la distancia a la que se encuentra el equipo ONU, como se ha detallado anteriormente, puede variar hasta un máximo de 20Km.

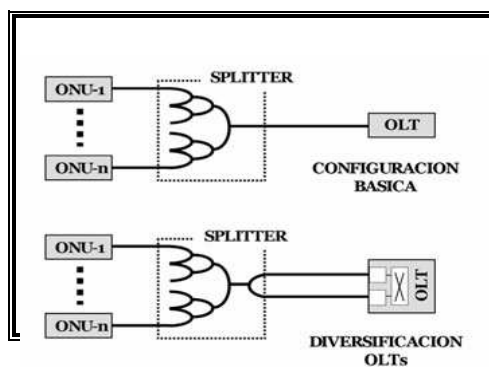


Fig. 2.30 Topología de una red PON [30]

Evidentemente un equipo ONU muy cercano al OLT necesitará una menor potencia de su ráfaga para no saturar su fotodiodo. Los equipos muy lejanos necesitarán que su ráfaga temporal se transmita con una mayor potencia. La nueva óptica miniaturiza, integra y simplifica el trabajo con ráfagas de diferente nivel de potencia.

2.3.3.2.8 Arquitecturas de la Red PON

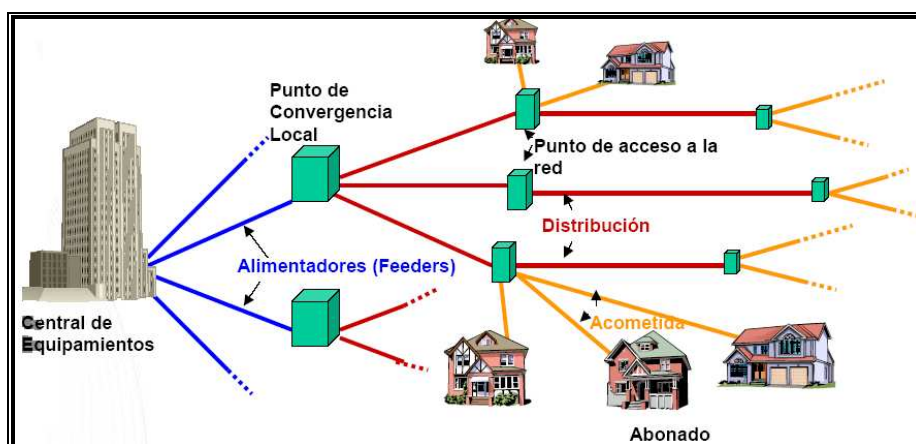


Fig. 2.31 Diagrama Genérico [31]

Tres Modelos Principales:

1. Centralizada
2. Convergencia Local
3. Splitters Distribuidos

2.3.3.2.8.1 Modelo de Arquitectura

2.3.3.2.8.1.1 Centralizada

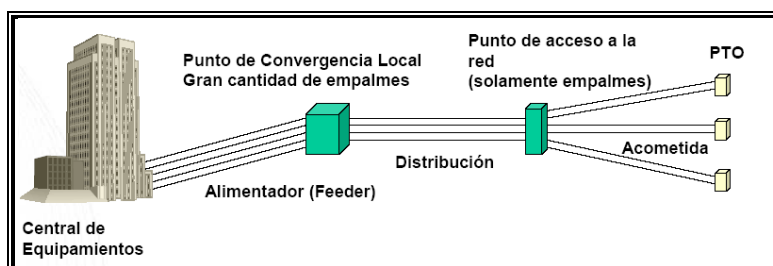


Fig. 2.32 Tipo de arquitectura Centralizada [32]

2.3.3.2.8.1.2 Convergencia Local

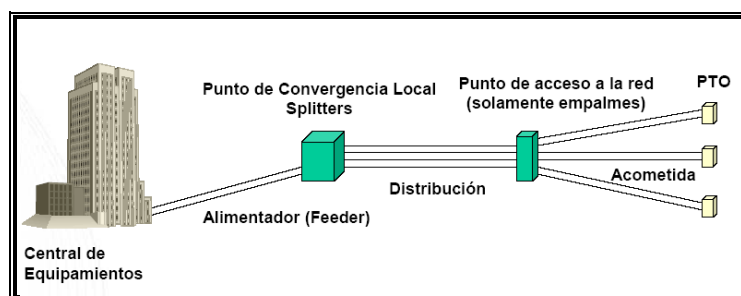


Fig. 2.33 Tipo de arquitectura Convergencia Local [33]

2.3.3.2.8.1.3 Splitters Distribuidos

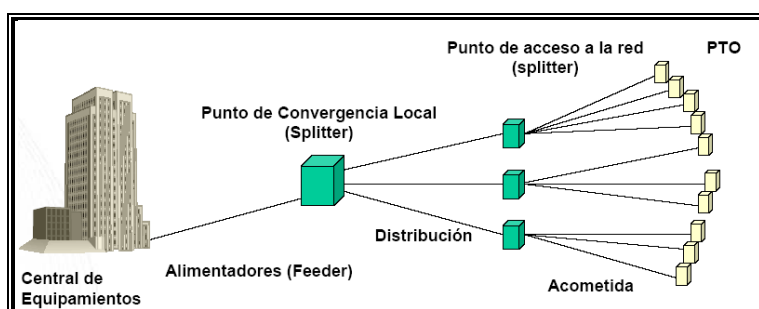


Fig. 2.34 Tipo de arquitectura Splitters Distribuidos [34]

La arquitectura PON elimina la electrónica en la planta externa. Estas redes cubren principalmente el rango de servicios entre 1,5 Mbps y 155 Mbps que otras redes de acceso no llegan a cubrir.

Ventajas de la arquitectura PON centrando la atención de la industria de las telecomunicaciones y la última milla:

- Las redes PON minimizan el despliegue de fibra en el bucle local al poder utilizar topologías árbol-rama mucho más eficientes que las topologías punto-a-punto. Además este tipo de arquitecturas simplifica la densidad del equipamiento de central, reduciendo el consumo.
- Como arquitectura punto-multipunto, las redes ópticas pasivas permiten superponer una señal óptica de televisión procedente de una cabecera CATV en otra longitud de onda sin realizar modificaciones en los equipos portadores de datos.
- Las redes PON elevan la calidad del servicio y simplifican el mantenimiento de la red, al ser inmunes a ruidos electromagnéticos, no se propagan las descargas eléctricas procedentes de rayos, etc.
- PON permite crecer a mayores tasas de transferencia superponiendo longitudes de onda adicionales.
- El suministro de una infraestructura de fibra de banda ancha de gran capacidad eliminará finalmente el cuello de botella que suponen las redes de acceso públicas.

2.3.3.2.9 SOBRE DWDM

DWDM (Dense Wave Division Multiplexing) aumenta el número de longitudes de ondas soportadas por una fibra, de modo que la capacidad de dividir las incrementa el número de puntos finales que pueden ser servidos por una sola. Así, los proveedores de servicios no necesitan afrontar grandes inversiones para poder ofrecer una longitud de onda a cada cliente.

2.3.3.2.10 Protocolos PON-FTTH

- ITU-T G.983
 - APON (ATM ((Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network)

- BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha)
- ITU-T G.984
 - GPON(Gigabit-capable PON):
- IEEE 802.3ah
 - EPON(Ethernet PON)

2.3.3.2.10.1 APON (ATM PON)

En 1998, **APON (ATM PON)** fue la primera especificación concebida por el FSAN. APON tuvo un notable éxito en cuanto a despliegue comercial, pero carecía de la capacidad requerida para ofrecer vídeo. Sus velocidades iniciales eran de 155 Mbps, aunque se mejoró posteriormente para soportar hasta 622 Mbps. El protocolo de transmisión se basa en ATM, lo cual supone problemas a la hora de adaptar y brindar servicios, así como baja eficiencia para el transporte de datos.

La red APON típica es la que utiliza accesos VDSL, donde la ONU está a pocos metros del cliente. En 1995 la FSAN Coalition (Full Service Access Network) comenzó a desarrollar un estándar para diseñar la forma más rápida y económica de dar servicios IP, video y 10/100 Ethernet sobre una plataforma de fibra hasta el cliente. Más tarde la ITU sacó el estándar G.983 que especifica los elementos activos de la red:

OLT (Optical Line Terminal): que entrega datos usando TDM en 1550nm de forma descendente a 155 o 622 Mbps.

ONU (Optical Network Unit): cercano al equipo de abonado que entrega datos a 1310nm de forma ascendente a 155 Mbps.

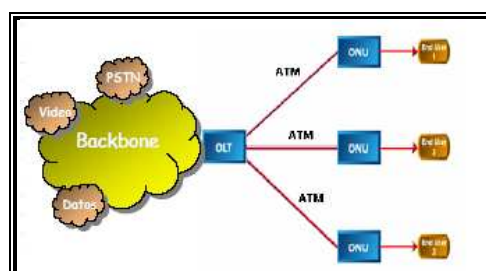


Fig. 2.35 Esquema de una red APON [35]

2.3.3.2.10.2 BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha)

Se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. La recomendación original especificada en la recomendación G.983.1 en la arquitectura BPON define una red simétrica de un ancho de banda total de 155Mbps, tanto en canal descendente como en ascendente. Esta especificación fue modificada en 2001 para permitir configuraciones asimétricas (622 descendente y 155 ascendente) y simétricas de mayor capacidad (622Mbps).

El incremento del ancho de banda demandado por los usuarios unido al balanceo del tipo de tráfico exclusivamente hacia tráfico IP, incidieron directamente en el desarrollo de una nueva especificación que se apoyaba en el estándar BPON, altamente ineficiente para el transporte de tráfico IP, que mejora utilizando un procedimiento de encapsulación denominado GFP (Procedimiento General de Segmentación –General Framing Procedure-) que aumentaba la eficiencia de la arquitectura, permitiendo mezclar tramas ATM de tamaño variable.

En la figura se muestra la terminación de línea óptica OLT, localizada en una oficina central o nodo.

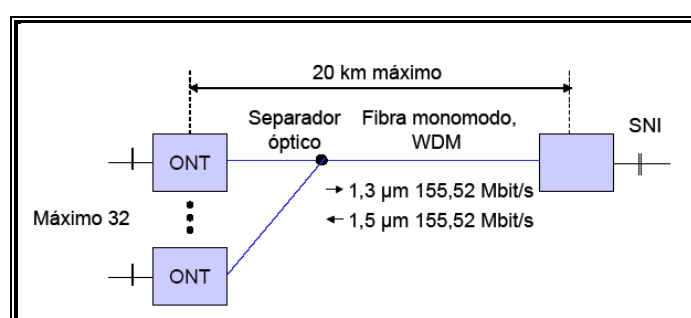


Fig. 2.36 Configuración de un sistema BPON [36]

No obstante, también es posible el despliegue de sistemas B-PON bidireccionales mediante dos fibras. Los sistemas FTTH/FTTC pueden ser unidireccionales o bidireccionales. En el primer caso, el sistema termina en una unidad con funciones meramente receptoras. En el segundo, la unidad receptora requiere la

incorporación de un transmisor de retorno. Como se observa en la figura, el retorno puede realizarse sobre esquemas con una fibra full dúplex o con dos fibras.

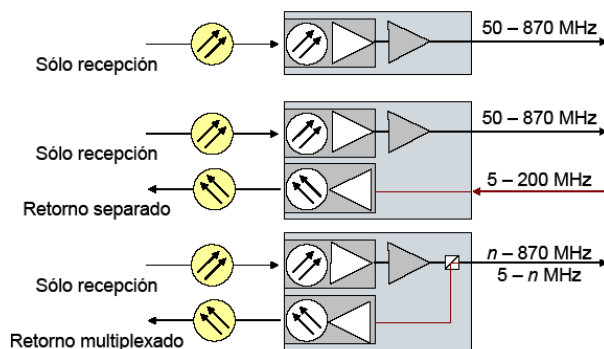


Fig 2.37 Funcionamiento de sistemas de recepción FTTH/FTTC [37]

2.3.3.2.10.3 VPON (Video PON)

Gracias a una nueva variedad de transceptores ópticos es posible superponer una señal de video junto al tradicional caudal de datos de las redes ópticas pasivas A/B/GPON y EPON. Esta señal, transmitida a 1550nm y modulada en frecuencia desde un láser ultra lineal tipo CATV ubicado en la cabecera de la red, puede transportar el espectro UHF y VHF a todos los equipos ONUs de la arquitectura PON. A través de una sencilla circuitería, esta señal es extraída en los equipos de usuarios por el transceptor óptico, amplificada utilizando un amplificador de banda ancha para el rango V/UHF y, directamente, puede ser introducida al conector de antena de televisores analógicos o decodificadores digitales.

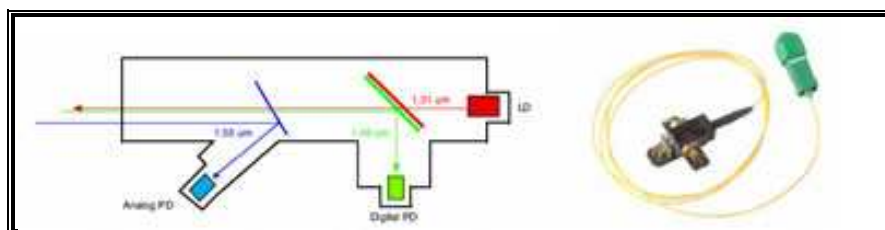


Fig. 2.38 Configuración de un sistema VPON [38]

En la figura 2.37 podemos observar un módulo electroóptico de usuario (ONU) preparado para una arquitectura VPON. La señal de 1550 nm se demultiplexa en longitud de onda mediante filtros y ataca a un fotodiodo analógico para realizar la

conversión en frecuencia. La señal de 1490 nm ataca al fotodiodo digital. Este esquema de trabajo, denominado Video RF, Video PON o VPON no utiliza el ancho de banda de la señal de datos para encapsular las señales de video, sino que se trata de un esquema mucho más simplificado que puede ser implementado utilizando una cabecera tradicional analógica de Televisión por cable disminuyendo de este modo los costos de los codificadores digitales IP de cabecera (y los decodificadores de usuario) para el transporte de las tramas MPEG2.

2.3.3.2.10.4 EPON (Ethernet Passive Optical Network)

En Enero de 2001, el IEEE (Instituto de los Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) configuró un grupo de estudio llamado Ethernet en la última milla (EFM). Este grupo de trabajo generó una nueva especificación de redes ópticas pasivas, denominada Ethernet PON (EPON). Esta nueva arquitectura se diferencia de las anteriores en que no transporta celdas ATM sino directamente tráfico nativo Ethernet. Usa el estándar 8b/10b (codificación de línea) y siempre que es posible, mantiene fielmente el espíritu de la recomendación 802.3, incluyendo el uso full dúplex de acceso al medio.

Posiblemente el principal atractivo que presenta esta tecnología es su evidente optimización para el tráfico IP frente a clásica ineficiencia de de las alternativas basadas en ATM. Además, la interconexión de islas EPON es mucho más sencilla que la interconexión de APON/BPON, GPON puesto que no requiere arquitecturas SDH para realizar el transporte WAN.

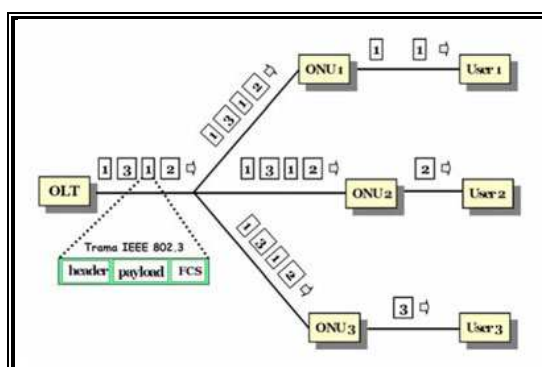


Fig. 2.39 Funcionamiento EPON [39]

Toda la arquitectura de red EPON trabaja a velocidad Gigabit Ethernet. Por lo tanto, el máximo ancho de banda que se ofrecerá a los usuarios depende del número de ONUs que cuelguen de cada OLT. Si un nodo óptico diera servicio a 10 usuarios, la máxima capacidad del servicio por usuario sería de $1\text{Gbps}/10 = 100\text{Mbps}$. Evidentemente con 100 usuarios por nodo óptico, el ancho de banda por usuarios se reduciría hasta los 10Mbps.

Un valor recomendado para este tipo de redes puede ser 10 abonados por nodo óptico, pero valores de 64, 100 y 256 también pueden ser posibles. Es posible obtener alcances de 20 kilómetros en fibra desde la cabecera de la red hasta el abonado.

EPON permite asignar calidad de servicio en canal descendente y en canal ascendente al tiempo que codifica todas las comunicaciones mediante el algoritmo DES.

EPON trabaja de manera punto multipunto full dúplex la cual ofrece el servicio triple play (video, voz y datos), con calidad de servicio (QoS 802.1 p) y DBA (0 colisiones, 0 fragmentaciones).

El uso de EPON permite a los operadores de transporte eliminar los complejos y costosos elementos ATM y SDH, simplificando las redes y, de esta manera, abaratando el costo de implantación a los abonados. Actualmente los costos de EPON por unidad de usuario repercutidos son aproximadamente un 10% menores del coste de equipamiento GPON equivalente. Por último, IEEE ya anuncia una nueva revisión del estándar que permitirá, utilizando la tecnología 10GbE multiplicar en un factor 10 el ancho de banda de una arquitectura EPON de primera generación. Este esfuerzo de desarrollo se recogerá en la futura especificación GEPON, un nuevo estándar IEEE que tenderá hacia la convergencia con el estándar ITU GPON

2.3.3.2.10.5 GPON (Gigabit Passive Optical Network)

Las redes GPON (Redes Ópticas Pasivas con capacidad Gigabit) tienen la estructura básica de una red PON, es decir, elementos activos en los extremos de la red y elementos pasivos que transmiten y reparten la señal desde la central hasta cada una de las casas de los abonados.

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

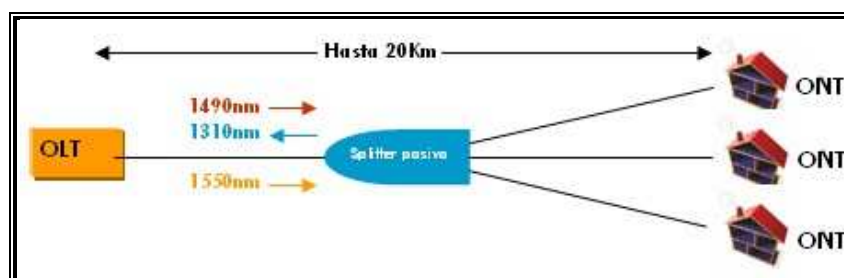


Fig. 2.40 Configuración de un sistema GPON. [40]

2.3.3.2.10.5.1 Configuración estándar GPON

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

El ancho de banda neto de GPON es mucho mayor que el de EPON. El único problema en el momento de su definición era la mayor complejidad de esta tecnología y de los componentes, que hacían imposible tener productos comerciales en tan poco tiempo como en EPON. Sin embargo, desde el año 2006

este problema está resuelto y ya hay muchos operadores que han comenzado su despliegue.

GPON está estandarizado en el conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.x (x = 1, 2, 3, 4). Las primeras recomendaciones aparecieron durante el año 2003 y 2004, GPON se basa en una capa de transmisión completamente nueva.

- En la Recomendación G.984.1 se describen las características generales de un sistema PON capaz de transmitir en ATM: su arquitectura, velocidades binarias, alcance, retardo de transferencia de la señal, protección, velocidades independientes de protección y seguridad.
- En la Recomendación G.984.2 se describe una red flexible de acceso en fibra óptica capaz de soportar los requisitos de banda ancha de los servicios a empresas y usuarios residenciales.
- Las técnicas GPON permiten mantener la red de distribución óptica, el plano de longitud de onda y los principios de diseño de la red de servicio integral consignados en las Recomendaciones G.983. Asimismo, aparte de acrecentar la capacidad de la red, las nuevas normas permiten un manejo más eficiente de IP y de Ethernet.

La velocidad más utilizada por los actuales suministradores de equipos GPON es de 2,488 Gbps de bajada y de 1,244 Gbps de subida. Sobre ciertas configuraciones se pueden proporcionar hasta 100 Mbps por abonado.

2.3.3.2.10.5 .2 Arquitectura de red de GPON

La red de GPON consta de un OLT (Optical Line Terminal), ubicado en las dependencias del operador, y las ONT (Optical Networking Terminal) en las dependencias de los abonados para FTTH. La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT. Para conectar la OLT con la ONT con datos, se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda de bajada. Mediante un pequeño divisor pasivo que divide la señal de luz en varias salidas, el tráfico de bajada originado en la OLT puede ser distribuido. Puede haber una serie de divisores pasivos 1 x n (donde n = 2, 4, 8, 16, 32, o 64)

en distintas derivaciones hasta alcanzar a los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto, algunas veces descrita como una topología en árbol.

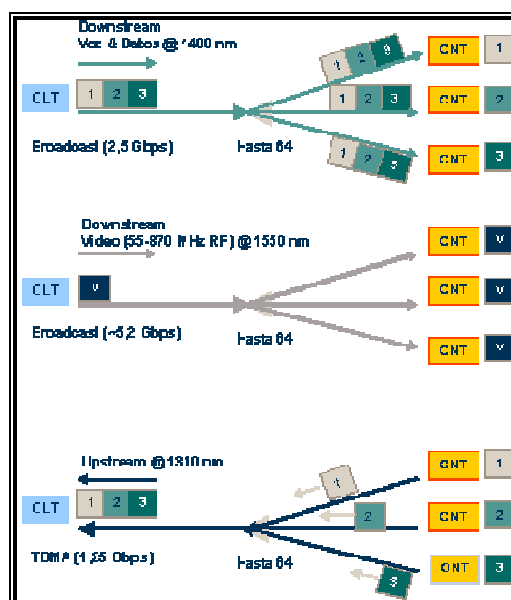


Figura 2.41 Envío de datos en red GPON. [41]

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

En una red GPON, se asigna una longitud de onda para el tráfico de datos (Internet, VoIP, IPTV, etc.) de bajada (1490 nm) y otra para el tráfico de subida (1310 nm). Además, a través del uso de WDM (Wavelength Division Multiplexing), se asigna una tercera longitud de onda (1550 nm) que está dedicada para el broadcast de vídeo RF (broadcast analógico, broadcast digital, broadcast digital y HDTV, y vídeo bajo demanda). De este modo, el vídeo/TV puede ser ofrecido mediante dos métodos distintos simultáneamente: RF (radio frecuencia) e IPTV.

Mediante RF las operadoras de cable pueden hacer una migración gradual hacia IPTV.

La OLT es la encargada de decidir las asignaciones de ancho de banda correspondientes a cada ONU, cumpliendo con:

- Cada ONT el ancho de banda en canal ascendente mínimo configurado.
- Latencia mínima.
- Sin embargo, hay un grado de complejidad extra, la diferencia de referencia temporal que hay entre las diferentes ONT's:
- Cada ONT usa el momento de llegada del inicio de trama descendente como referencia temporal para sus asignaciones de ancho de banda.
- Cada ONT puede estar a una distancia distinta de la OLT, el tiempo de propagación OLT a ONT es diferente y de lo que deriva que la misma trama descendente llega en diferente instante temporal a cada ONT.
- A su vez, cada trama ascendente que emita cada ONT tendrá un tiempo de propagación diferente.

Por las razones anteriores, se establece un proceso de “**Ranging**” que permite calibrar la distancia de cada una de las ONT's: Cada ONT recibe un tiempo de retardo que debe aplicar a la hora de comenzar a emitir en el canal ascendente para así evitar colisiones o errores en la línea.

Ese proceso de ranking es complejo porque requiere crear “ventanas de silencio”, medir el retraso de una ONT concreta y finalizar asignando ese retraso a la ONT.

La creación, uso y “respeto” de las ventanas de silencio son puntos importantes a verificar para el buen funcionamiento de la Red GPON: Sin ello es imposible iniciar ningún proceso de negociación.

2.3.3.2.10.5.3 Características de GPON.

2.3.3.2.10.5.3.1 Identificación de usuario

GPON dispone de un mecanismo que permite a la OLT identificar a cada una de las ONT presentes en la misma red de fibra. Por este motivo, cada ONT dispone de un número de serie exclusivo que es conocido por la OLT.

2.3.3.2.10.5.3.2 Configuración Remota de las ONT's

Uno de los principales retos que resuelve la tecnología GPON es la gestión remota del equipamiento de usuario. De esta forma se consigue un notable ahorro de costos derivados del mantenimiento ya que no es necesaria la intervención en el domicilio del cliente. Para ello, dentro de la norma GPON se ha desarrollado un protocolo denominado OMCI (ONT Management and Control Interface).

Este protocolo permite la configuración remota de las ONT's. Para cada ONT se establece un canal de gestión entre OLT y ONT. Incluye gestión, rendimiento, monitorización de alarmas, fallos y prestaciones. El protocolo OMCI es uno de los aspectos fundamentales para garantizar la interoperabilidad entre fabricantes. Hay diversos mecanismos de transmisión de la información OMCI.

2.3.3.2.10.5.3.3 Protocolos de Transporte

La norma GPON contempla dos posibilidades referentes a los protocolos de transporte que se pueden utilizar:

ATM: el utilizado por APON y BPON, por lo que es una solución continuista.

GEM (GPON Encapsulation Method o Método de encapsulación GPON): se trata de un nuevo protocolo definido por la G.984s para utilizarse en GPON, que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 μ s.

2.3.3.2.10.5.3.4 Implementación Multicast:

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

2.3.3.2.10.5.3.5 Interoperabilidad

Uno de los retos, del mercado de acceso de alta velocidad, es el precio por abonado. Se han presentado las ventajas económicas de un despliegue tipo PON, sin embargo hay que tener en cuenta otro aspecto: El precio de la ONT o terminal de cliente.

Con el objetivo de poder reducir el precio de la ONT es importante que cualquier OLT sea capaz de interactuar con cualquier ONT independientemente del fabricante.

2.3.3.2.10.5.3.6 División de potencia y el “Budget” óptico

La estructura de una red PON es la de una fibra que se va dividiendo en más fibras usando divisores de potencia óptica o splitters. En este punto aparece el concepto de “grado de splitting”, definido como el número de divisiones que sufre la fibra hasta llegar a una ONT. El grado de splitting nos indica que porcentaje de la potencia óptica está llegando a una ONT.

Por ejemplo, supongamos una PON en la que hay un splitter 1:16 y de cada ramal cuelga un splitter 1:4. El grado de splitting es 64. Eso quiere decir que a cada ONT le llegará 1/64 de la potencia óptica emitida por la OLT (y viceversa, a la OLT le llegará 1/64 de la potencia óptica emitida por la ONT).

Añadiendo las atenuaciones debidas a conectorización, fusión y la distancia en la fibra, resulta que la atenuación en un circuito GPON puede ser muy elevada:

- Grado de Splitting 1 a 64: Atenuación aproximada: - 18.5 dB.
- 20 Km de fibra: Atenuación aproximada (1310 nm): - 6.5 dB.

Atenuación Total: -25 dB.

Si suponemos que la sensibilidad de los módulos ópticos está alrededor de los -27 dBm y que la potencia de emisión puede estar alrededor de los 2dBm, esto deja un total de entre -2 dB a -4 dB de atenuación permitida debida a conectorización o fusión.

Por lo que el Budget óptico total para redes GPON es de -28 dB.

2.3.3.2.10.5.3.7 Escenarios para la regeneración de la señal GPON.

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

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

2.3.3.2.10.5.3.7.1 Extendiendo una red GPON de 20Km a 60Km.

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

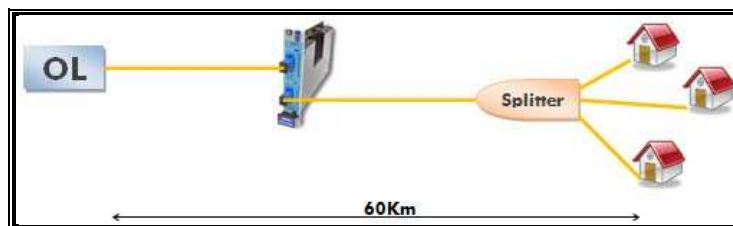


Fig. 2.42 Extensión de una red GPON [42]

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

Ampliando el número de usuarios de una red GPON de 64 a 128.

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

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

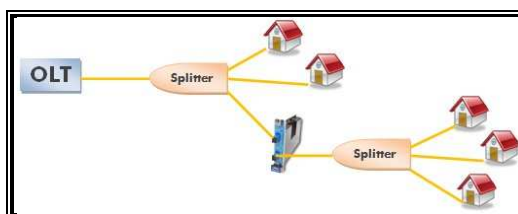


Fig. 2.43 Ampliación número de usuarios. [43]

2.3.3.2.10.5.3.7.2 Extendiendo las ramas de una GPON.

Hay ocasiones en las que se quiera dar cobertura a una nueva zona residencial cercana a una en la que ya existe una red GPON implantada y en la que se

pueden añadir usuarios. Sin embargo la nueva zona no es lo suficientemente grande como para resultar rentable desplegar una nueva red GPON para esta zona.

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

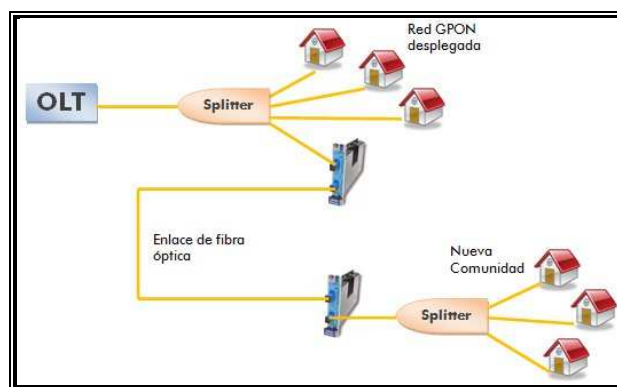


Fig. 2.44 Extensión para una red GPON [44]

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

2.3.3.2.10.5.3.8 Amplificación de la señal 1550 nm.

Aquellos operadores que multiplexen las señales digitales GPON (1490nm descendente y 1310nm ascendente) con portadoras analógicas y/o digitales en la ventana de 1550nm, pueden utilizar el bloque (opcional) de ganancia EDFA integrado en GPON Extender.

Este módulo, se añade a la configuración básica y amplifica ópticamente la tercera ventana sin alterar los valores de las señales GPON. Un banco de filtros ópticos a la entrada y a la salida del bloque EDFA garantizan una ganancia de hasta 20dB en la portadora de 1550nm con un bajo factor de ruido ($NF < 5dB$).

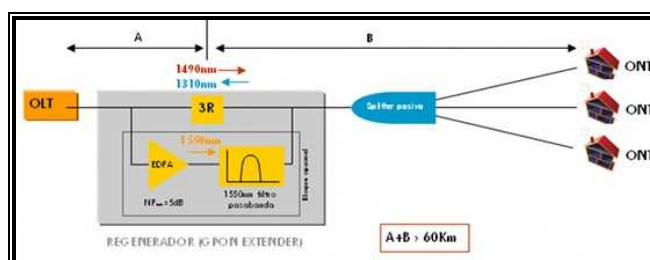


Fig. 2.45 Esquema para la señal de 1550 nm [45]

Entre los distintos modelos de ONU disponibles, es posible seleccionar diferentes configuraciones al número de puertos existentes como: Fast Ethernet, soporte Wifi, Power-over-Ethernet, TV CATV y Polaridades de satélite, estas últimas opciones permite al usuario recibir simultáneamente todos los canales de televisión analógica y digital sobre la fibra óptica, junto a los canales procedentes de hasta cuatro polaridades de satélite.

En el lado de la cabecera o nodo de servicio, el módulo óptico OLT es compatible con la arquitectura SAE. Esta característica permite al OLT dialogar con otros equipos a través de redes de transporte Gigabit, SDH y WDM. Ambos elementos, OLT y ONU, están basados en los estándares EPON del IEEE.

La solución PON se completa con la plataforma de gestión iQUEUE. Con ella, el operador o gestor del servicio efectúa todas las acciones de provisión y control de niveles de servicio, siendo posible la interoperabilidad con bases de datos externas y/o sistemas de tarificación y facturación.

2.3.3.2.10.5.3.9 Comparativa de las principales tecnologías PON.

Características	ITU-T BPON	ITU-T GPON	ITU-T EPON
Tasa de bits (Mbps)	down: 1.244, 622, 155 up: 622, 155	down: 2.488, 1.244 up: 2.488, 1.244, 622, 155	down: 1.250 up: 1.250
Codificación de línea	NRZ (+ scrambling)	NRZ (+ scrambling)	8b/10b
Ratio de división máximo	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)	1:32
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)	20 km
Estándares	Serie ITU-T G.983.x	Serie ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes
Soporte vídeo RF	No	Sí	No
Eficiencia típica (depende del servicio)	83% downstream 80% upstream	93% downstream 94% upstream	61% upstream 73% downstream
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM (+SNMP opcional)
Seguridad downstream	Churning o AES	AES	No definida

Tabla 2.2 Comparación de Tecnologías PON

2.3.3.2.10.6 Comparativas entre EPON y GPON

Claramente hay sustanciales diferencias entre la tecnología EPON y GPON, sobre todo en capa 2. Sin embargo los diseñadores de arquitectura de red también encontrarán diferencias en términos de ancho de banda, alcance, eficiencia, costo por usuario y gestión. En este apartado trataremos estas diferencias con mayor detalle:

2.3.3.2.10.6.1 Ancho de banda aprovechable

Los anchos de banda varían entre los dos protocolos. GPON promete 1.25Gbps ó 2.5Gbps en canal descendente y un ancho de banda escalable desde 155Mbps hasta los 2.5Gbps. EPON, por su parte, ofrece un ancho de banda simétrico de

1Gbps donde se desperdician aproximadamente 250Mbps en la codificación 8b/10b (hasta completar la velocidad de línea de 1.25Gbps).

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

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

2.3.3.2.10.6.2 Alcance

Como sucede con cualquier otro protocolo, el alcance sobre fibra viene definido por el rango dinámico del enlace óptico. En la actualidad, el alcance de ambos protocolos es aproximadamente de unos 20Km, siendo limitado por el número de ONT's definidos para el nodo.

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

2.3.3.2.10.6.3 Costo por suscriptor

El uso de EPON elimina completamente los costosos y complejos equipos de transporte ATM/SDH de los operadores de transporte, simplificando sus redes. Se ha estimado que EPON repercute en 10% menos que GPON el costo de los

equipos de cabecera sobre los usuarios, estando al mismo nivel que otras tecnologías de acceso como VDSL.

2.3.3.2.10.6.4 Eficiencia de cada estándar

Ambos protocolos PON añaden overhead (tráfico no útil) a las tramas del protocolo que encapsulan (IP). EPON es una estándar optimizado para longitud variable de paquete (tramas ethernet de hasta 1518 bytes) según el estándar 802.3 Ethernet. En sistemas PON's ATM (incluido GPON) los datos se transmiten en tramas fijas (celdas) de 53 bytes (48bytes de carga útil y 5 bytes de overhead).

Este formato es extremadamente ineficiente para el transporte de tráfico IP cuyos segmentos pueden variar hasta alcanzar tamaños de 64Kbytes. Los sistemas GPON que transportan tráfico IP deben segmentarlo en tamaños de 48bytes introduciendo la información de segmentación en cabeceras de 5bytes. Este proceso, además de complicado, añade latencia. Se ha calculado que una encapsulación Ethernet como la que realiza EPON sobre tráfico IP añade una ineficiencia de un 7.42%, mientras que la encapsulación de IP sobre ATM eleva este valor hasta el 13.22%. Por otro lado, la codificación 8B/10B que realiza EPON y que desperdicia ancho de banda, se convierte en una ventaja a la hora de realizar la conversión electroóptica, puesto que precisa de una electrónica de sincronismo mucho más simplificada y no tan precisa como necesita GPON.

2.3.3.2.10.6.5 Sistemas de gestión

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

2.3.3.2.10.6.6 Encriptación

GPON utiliza la encriptación definida en ITU estándar. Sin embargo GPON sólo

limita la encriptación al canal descendente. EPON utiliza mecanismos DES para canales ascendentes y descendentes.

2.3.3.2.10.6.7 Protección de red

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

FTTH a 400 usuarios residenciales. Mediante una configuración PON se ofrecen 80 canales analógicos de video en la banda 50-550 MHz y 200 canales digitales en la banda 550-750 MHz. Los usuarios disponen de una interfaz 10/100 BaseT, siendo las velocidades que se manejan en los canales descendente y ascendente de 1,5 Mbps y 256 Kbps, respectivamente.

El bucle local de fibra se extiende desde el nodo de distribución hasta la casa del abonado, que dispone de un módem de fibra óptica que ofrece interfaces V.35 y E1.

2.3.3.2.10.6.8 Costos de operación, mantenimiento y crecimiento

El despliegue del tendido subterráneo de fibra óptica es caro debido al elevado coste de la obra civil asociado a las canalizaciones para alojarla. Es por ello que, en la medida de lo posible, es conveniente reutilizar canalizaciones ya existentes (gas, agua, luz, alcantarillado). Como se ha indicado, los nodos ópticos pueden atender a un determinado número de abonados. En caso de que aumente la demanda, será necesaria la introducción de nuevos nodos, así como el despliegue de los bucles locales de fibra óptica para los nuevos abonados, con el consiguiente aumento de costos en infraestructura de red. Un problema sin resolver es la alimentación de los equipos FTTH en el hogar del usuario ante una caída de la señal eléctrica.

CAPITULO III

3 DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES PARA BRINDAR SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO BAJO DEMANDA DE UN CONJUNTO HABITACIONAL EJEMPLO.

Se dieron las facilidades para poder trabajar con un conjunto habitacional ejemplo, que servirá de gran ayuda para futuros proyectos, como; barrios, parroquias, ciudades. El proyecto de diseño se lo efectuará al Conjunto Habitacional SOL DEL SUR.

Poseer la red de comunicación del conjunto, es decir la red será de propiedad exclusiva del Conjunto habitacional Sol del Sur. Los costos de todos los componentes de la red serán a cargo del conjunto, esto debido a que dichos gastos están contemplados al fijar un precio por metro cuadrado de cada vivienda en construcción.

De esta manera el conjunto habitacional lo único que tiene que realizar es; contratar los servicios de cualquier operadora ya sea como lo ofrece: TV Cable con el triple play que sería ideal para optar por una sola operadora, CNT con telefonía y datos, Telmex telefonía y datos, Global Crossing telefonía y datos, que son las operadoras más representativas, y con el tiempo todas las operadoras señaladas ofrecerán el triple play.

EL conjunto bien pudiere elegir una operadora por cada servicio o una operadora para los tres servicios, es decir tiene la libertad de optar por cualquier operadora sin estar ligado a ninguna de ellas.

La operadora llegará con los servicios a los equipos principales de la red ubicados en un pequeño nodo o central de comunicaciones, de donde se repartirá la señal a sus diferentes destinos es decir el encaminamiento que se realice en el diseño. El objetivo del diseño de la red de comunicaciones, es llegar a cada vivienda con los servicios ofrecidos como son video, telefonía y datos. Para esto las redes actuales utilizan un cable para cada servicio, que resulta demasiado costoso, e inclusive se necesita equipos diferentes para cada servicio, encareciendo aún más el proyecto.

3.1 CONSIDERACIONES.

Este proyecto tiene como finalidad realizar el diseño de una red de comunicaciones para un conjunto habitacional, el cual cumplirá con todos los requerimientos que los usuarios deseen, refiriéndonos a los tipos de servicios que se desea brindar, y a futuras aplicaciones que ya se acercan cada día, como es el caso de la televisión digital el cual ocupara mayor ancho de banda, telefonía virtual, mayor necesidad de ancho de banda en internet.

El objetivo es llegar a una red simple integrada para todos los servicios (voz, datos, video), incrementando la flexibilidad, con una asignación del ancho de banda según la demanda y la aplicación del usuario, dentro de una estructura a prueba de futuras aplicaciones.

Actualmente las redes de comunicaciones se efectúan mediante diferentes medios como son; el cobre, la fibra óptica o por medios inalámbricos. Para lo cual se estudiara los aspectos técnicos de cada una de las redes y se aplicará la que mejor se adapte a los requerimientos que tenga el conjunto habitacional.

Los requerimientos de servicios hoy en día para cada hogar son mayores que antes ya que la evolución de cada medio de comunicación se va reduciendo a la tecnología digital.

0En principio se desarrollará la red para las necesidades de cada usuario esto es

- Proyección para Servicios de Datos. Ancho de banda previsto: 10 Mbps

- Proyección para Servicios de Video. A futuro se planifica brindar el servicio HDTV con un estándar de tasa de compresión de datos de 10 Mbps por canal de alta definición y un promedio de 2 TV por hogar. Ancho de banda previsto: 20 Mbps
- TV video digital estándar 1,5 Mbps y un promedio 2 TV por hogar. Ancho de banda previsto: 3 Mbps
- Proyección para Servicio Telefónico. Ancho de banda previsto (servicio básico): menos de 100 Kbps. Ancho de banda previsto (servicio video llamada): 384 Kbps

Total Necesario 33.3 Mbps

Por lo que la red del conjunto habitacional deberá acogerse a este ancho de banda previsto para los servicios descritos.

3.1.1 REDES DE COMUNICACIÓN PARA EL DISEÑO

Actualmente las redes de comunicaciones se las puede realizar por diferentes medios como son; por medio del cobre, vía fibra óptica, por medios inalámbricos.

3.1.1.1 RED INALAMBRICA

Como lo revisamos en el capítulo 1 este medio de comunicación se ha desarrollado en muy poco tiempo logrando importantes avances y beneficios, en cuanto a comunicación se refiere, llegando a lugares que antes no se podía con las redes cableadas. Pero tampoco se espera que las redes inalámbricas lleguen a remplazar a las redes cableadas, ya que los beneficios de una red cableada aún son muchos mayores que las inalámbricas.

En cuanto a la red para el proyecto del conjunto habitacional se considera lo siguiente:

- Las redes inalámbricas tienen sus desventajas en su comparativa con las redes de cable.
- Las redes inalámbricas tienen su mayor aplicación en locales comerciales, restaurantes, bancos, hospitales, edificios, donde se puede fácilmente delimitar su cobertura, para nuestro propósito este tipo de redes no tiene mayor demanda debido a los siguientes aspectos:
- Las redes inalámbricas actuales ofrecen velocidades de 2 Mbps, mientras que Wi-Fi lo hace a 11 Mbps. Es cierto que existen estándares que alcanzan los 54 Mbps y soluciones propietarias que llegan a 100 Mbps, pero estos estándares están en los comienzos de su comercialización y tiene un precio superior al de los actuales equipos Wi-Fi, las redes cableadas ofrecen velocidades de 10 Mbps y se espera que alcancen velocidades de hasta 100 Mbps. Los sistemas de Cable de Fibra Óptica logran velocidades aún mayores.
- Generalmente son más costosas que la tecnología cableada, ya que debe configurarse con cuidado para aumentar el alcance y la seguridad, esto involucra mayores costos en la red. La evolución de las normas puede causar confusión e incompatibilidades. La velocidad disminuye a medida que aumenta la distancia.
- Uno de los problemas más graves a los cuales se enfrenta actualmente la tecnología Wi-Fi es la progresiva saturación del espectro radioeléctrico, debida a la masificación de usuarios, esto afecta especialmente en la conexiones de larga distancia (mayor de 100 metros), en realidad Wi-fi está diseñado para conectar ordenadores a la red a distancias reducidas, cualquier uso de mayor alcance está expuesto a un excesivo riesgo de interferencias.
- Mayor inversión inicial. Para la mayoría de las configuraciones de la red local, el costo de los equipos de red inalámbricos es superior al de los equipos de red cableada.
- Seguridad. Las redes inalámbricas tienen la particularidad de no necesitar un medio físico para funcionar. Esto fundamentalmente es una ventaja, pero se convierte en una desventaja cuando se piensa que cualquier persona con una computadora portátil solo necesita estar dentro del área

de cobertura de la red para poder intentar acceder a ella. Como el área de cobertura no está definida por paredes o por ningún otro medio físico, a los posibles intrusos no les hace falta estar dentro de un edificio o estar conectado a un cable. Además, el sistema de seguridad que incorporan las redes Wi-Fi no es de lo más fiables. A pesar de esto también es cierto que ofrece una seguridad válida para la inmensa mayoría de las aplicaciones y que ya hay disponible un nuevo sistema de seguridad (WPA) que hace a Wi-Fi mucho más confiable.

- Interferencias. Las redes inalámbricas funcionan utilizando el medio radio electrónico en la banda de 2,4 GHz. Esta banda de frecuencias no requiere de licencia administrativa para ser utilizada por lo que muchos equipos del mercado, como teléfonos inalámbricos, microondas, etc., utilizan esta misma banda de frecuencias. Además, todas las redes Wi-Fi funcionan en la misma banda de frecuencias. Este hecho hace que no se tenga la garantía de nuestro entorno radioelectrónico este completamente limpio para que nuestra red inalámbrica funcione a su más alto rendimiento. Cuantos mayores sean las interferencias producidas por otros equipos, menor será el rendimiento de la red. No obstante, el hecho de tener probabilidades de sufrir interferencias no quiere decir que se tengan. La mayoría de las redes inalámbricas funcionan perfectamente sin mayores problemas en este sentido.
- Incertidumbre tecnológica. La tecnología que actualmente se está instalando y que ha adquirido una mayor popularidad es la conocida como Wi-Fi (IEEE 802.11B). Sin embargo, ya existen tecnologías que ofrecen una mayor velocidad de transmisión y unos mayores niveles de seguridad, es posible que, cuando se popularice esta nueva tecnología, se deje de comenzar la actual o, simplemente se deje de prestar tanto apoyo a la actual. Lo cierto es que las leyes del mercado vienen también marcadas por las necesidades del cliente y, aunque existe una incógnita, los fabricantes no querrán perder el tirón que ha supuesto Wi-Fi y harán todo lo posible para que los nuevos dispositivos sean compatibles con los actuales.

Analizados todos los aspectos técnicos que tendría realizar el diseño de una red inalámbrica podemos decir que este tipo de red no es viable para el conjunto habitacional, debido principalmente a; la velocidad que nos ofrece la red inalámbrica que es de 11 Mbps, la cual no satisface los requerimientos de servicio que se tiene previsto para cada cliente.

Económicamente no es rentable debido al costo de los equipos, y a la configuración en cuanto a seguridad se refiere que es un aspecto importante para el desarrollo de esta red.

3.1.1.2 REDES DE COBRE

Durante años se ha especulado sobre las limitaciones de las redes telefónicas y, en particular, si se podría superar los 14,4 Kbps primero, y los 28,8 Kbps después, utilizando pares de cobre. La RDSI dio un importante paso adelante al proporcionar 192 kbit/s en su acceso básico. En los siguientes años vimos cómo los nuevos módems xDSL se aproximaron a velocidades de 10 Mbit/s. Y es que potenciales alternativas al bucle de abonado como las redes de cable o los sistemas inalámbricos de tercera generación, pasan por la instalación de nuevos medios de transmisión de fibra en el primer caso y de notables infraestructuras de antenas y estaciones base en el segundo, ambas empresas muy costosas y nunca exentas de dificultades.

Dos acontecimientos importantes han impulsado a las tradicionales compañías Operadoras telefónicas a investigar una tecnología que permitiera el acceso al servicio de banda ancha sobre sus tradicionales pares trenzados de cobre: Las nuevas aplicaciones multimedia y el acceso rápido a contenidos de Internet.

Las redes convencionales de cobre, que han sido utilizadas por varios años en la construcción de redes de planta externa, para conjuntos, urbanizaciones, ciudades. Estas redes han sido utilizadas normalmente para el uso telefónico, y desde algún tiempo atrás se utiliza la tecnología DSL (Línea digital de abonado) y consiste en una línea digital de alta velocidad, apoyada en el par simétrico de

cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado, siempre y cuando el alcance no supere los 5,5 km. medidos desde la Central Telefónica, este tipo de tecnología se encontraba forzando al viejo par de cobre más allá de sus límites. Con lo cual se ofrecía servicio de transmisión de datos, internet, que fue y es una aplicación importante en este tipo de redes. Pero con las nuevas señales de alta frecuencia que son transmitidas sobre los pares de cobre convencionales, las cuales están siendo más susceptibles a los deterioros de la línea. Provocando mayor atenuación, más fuentes posibles de ruido RF, la interferencia (diafonía), originada por otros tipos de servicios que afectan a la red. ADSL sufre interferencias por emisiones de radio de AM (onda media y onda larga).

Para disponer de ADSL, es necesaria la instalación de un filtro llamado splitter que se encarga de separar la señal telefónica convencional de la que será usada para la conexión mediante ADSL.

Para el proyecto de la red con el medio de cobre se consideraría los siguientes aspectos:

- Flexibilidad para el servicio a los abonados: voz, datos, imagen, ADSL.
- Tiene facilidades para efectuar el mantenimiento de la red.
- Capacidad mediana para el tipo de usuarios que tendrá el conjunto
- Se puede cumplir los parámetros de 2 y 8 Mbps de transmisión.

Por lo que este tipo de red para el conjunto habitacional no es viable, debido a que los parámetros de transmisión no son los esperados para los servicios a brindar, lo cuál sería el principal problema ya que económicamente este tipo de red es el más económico de todas las redes.

En este tipo de red no se puede manejar IP, ya que se necesita otro tipo de arquitectura, debido a que se maneja una plataforma diferente para lo cual se necesita otra red totalmente diferente a la actual red de cobre multipar.

Considerando la red cobre cuando esta ya exista, en nuestro caso se instalaría y habría que comparar los costos del cable de cobre vs la fibra óptica.

3.1.1.3 REDES IP

Otro tipo de desarrollo de la red por medio del cobre; es la red IP. Para el diseño de la red se debe enmarcar a las normas de cableado estructurado, con la utilización de los diferentes medios físicos como el cable UTP y la fibra óptica.

La infraestructura de la red, es un componente clave en el diseño de una red IP. Una infraestructura de red adecuada, provee una transmisión rápida y confiable de datos, y es capaz de adaptarse a los cambios y al crecimiento en base a las necesidades de los usuarios de la red.

Las redes IP son una plataforma para que los usuarios, conectados a diferentes infraestructuras de red, tengan aplicaciones comunes e intercambien datos con una calidad de servicio no definida. La serie de protocolos IP ha evolucionando para incluir aplicaciones de voz, datos y video con una calidad de servicio definida, basada en protocolos de tiempo real.

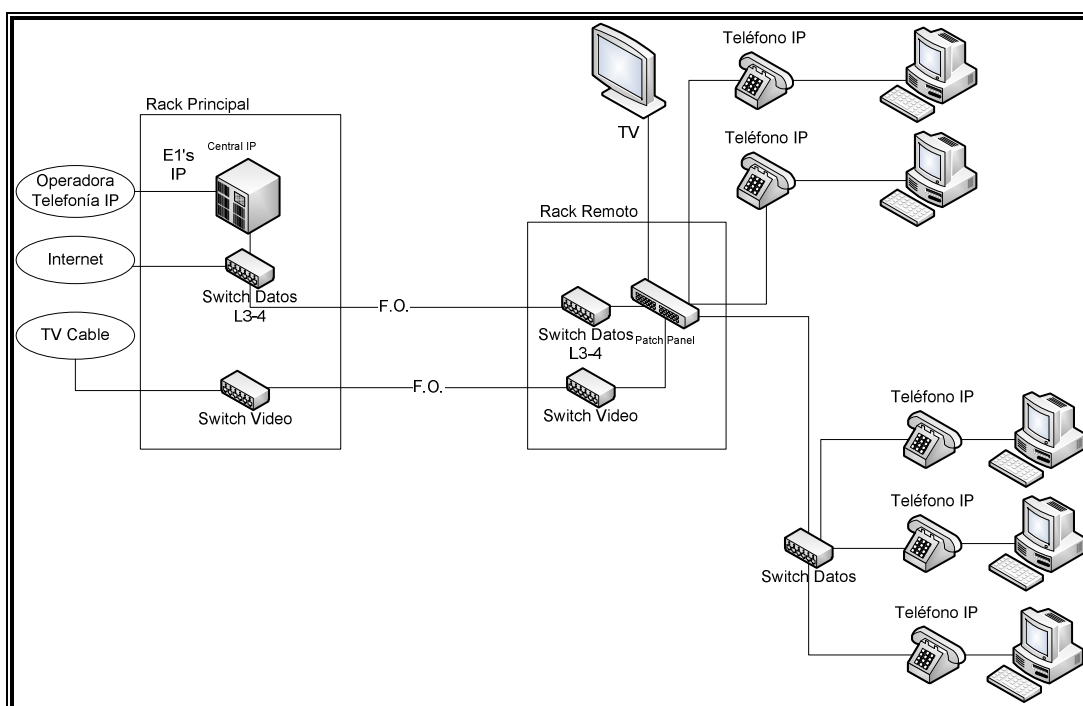


Fig. 3.1 Diseño de una red IP

Para el diseño del conjunto habitacional, se ha establecido que la forma del cableado sea vía subterránea, es decir toda la red será canalizada. Por lo que el cable que se utilice para la red deberá tener las suficientes protecciones necesarias, para que el cable no tenga ningún tipo de problema para su funcionamiento a lo largo de su vida útil.

En el caso de la red de cableado estructurado, para la Red IP en cuanto a la canalización deberá utilizarse un cable tipo UTP industrial cat. 6E, que tiene mayores protecciones que un cable normal, evidentemente este cable tendrá un costo alto por las especificaciones que deberá tener para su instalación. Haciendo una referencia este costo será mucho mayor que poner una red normal de cobre con cable multipar que es de cat. 2, e inclusive la fibra óptica actualmente es de menor precio que este tipo de cable UTP.

El equipamiento de la red se realizará con equipos activos, como son los Switch; de datos de video, patch panel, centrales IP, armarios, etc. Los cuales para su funcionamiento necesitan ser energizados y para ello se necesita que en donde se encuentre el equipo exista fluido eléctrico, lo que implica la existencia de una red eléctrica. Un costo extra en este tipo de red es la ubicación de los equipos activos los cuales deberán conectarse a la red eléctrica.

Una red IP trabaja con equipos activos, los cuales deben ser programados, para su correcto funcionamiento por lo que se necesita que la administración de la red sea permanente, necesitando una persona con conocimientos para la operación, manejo y administración de la red de forma permanente. Implicando un costo extra a la red IP.

El funcionamiento de la red dependerá de la ubicación de los equipos, debido a que la distancia máxima entre equipos es de 100m, para su correcto funcionamiento. Los equipos terminales en este caso el aparato telefónico, deberá ser IP, y no como los equipos convencionales, lo cual aumenta costos al usuario. Ya que en precio tiene un mayor costo el teléfono IP.

Para el diseño de la red IP, del conjunto habitacional, se necesita los siguientes componentes;

- Una central IP
- Un Switch de video
- Un Switch de datos
- Enlace de fibra óptica del Switch principal hacia el otro Switch.
- Los Switch pueden ser de 48 o 24 puertos.
- Patch panel, el cual se puede derivar hacia otro Switch de datos, y poder aportar con más puertos, pero dependerá de la distancia a la que se coloque los equipos ya que se manejan a distancias de 100m.
- Se necesita cable UTP categoría 6 desde el Switch ya sea de video o de datos, hacia los equipos terminales.

Cabe resaltar que los equipos mencionados en la red sirven para 48 usuarios, por lo que para una red mayor se necesitará poner más Switchs de derivación. Para la red del conjunto se necesitará, para cubrir la demanda 10 Switchs de video y 10 de datos, lo cual incrementa notoriamente los costos.

Debido a la cantidad de equipos, componentes, y a la configuración y administración de la red permanente, al tipo de cable que se necesita utilizar, a la necesidad de alimentar los equipos con energía eléctrica, la necesidad de tener una central propia IP para la administración de la red, y debido al ancho de banda que se maneja actualmente llegando hasta los 10 Mbps. En consecuencia no cubriría la demanda que en principio necesitaría cada usuario para obtener los servicios esperados. En cuanto a los costos de la red IP por la cantidad de equipos que se necesita y sobre todo porque son activos, la red sería costosa y debido a que este tipo de redes se realizan para aplicaciones en áreas más pequeñas como bancos, hospitales, edificios, con lo cual se manejan de mejor manera, es por tal motivo que no es práctico redes de cableado estructurado para conjuntos habitacionales.

3.1.1.4 REDES HFC (HÍBRIDA FIBRA COAXIAL)

Este tipo de redes son un mejoramiento de las redes CATV, que servían solo para servicio de televisión por cable. Con la combinación de la fibra óptica y del cable coaxial se ha logrado ofrecer los servicios de video, voz e imagen. Como lo realiza actualmente las empresas Tv cable, y Telmex.

Este tipo de redes al trabajar con fibra óptica trabaja a velocidades altas en los enlaces desde un nodo hacia otro, la limitación ocurre al utilizar el cable coaxial para la última milla, que al ser cable de cobre tiene sus limitaciones a la hora de trabajar con altas velocidades.

Este tipo de redes trabajan con cable coaxial grueso desde al nodo hasta un armario el cual típicamente es más caro que el cable multipar e inclusive que el cable de fibra óptica.

Las redes HFC trabajan con equipos activos en toda la red es decir se necesita energía eléctrica o banco de baterías para que la red funcione normalmente. Para obtener todos los servicios se necesita diferentes equipos terminales al final de la red para brindar los servicios previstos, es así que; para brindar servicios de video se utiliza un decodificador de señales de televisión, para obtener el servicio de internet se necesita un modem para su conexión, y para el servicio de telefonía el cuál en este tipo de redes no es muy bueno, se puede utilizar el mismo modem para conexión a internet.

El diseño que se requiere para el conjunto en estudio, tiene la característica de que posea una arquitectura abierta es decir, la red podrá acogerse a cualquier operadora sin estar ligada a ninguna, con la opción de trabajar los tres servicios con una sola operadora o coger los servicios independientemente con la operadora que más convenga.

Para las redes HFC al trabajar con señales analógicas, y poseer una arquitectura propia se necesitan diferentes tipos de equipamiento para la cabecera, que las

redes normales de cobre inclusive la de fibra. Las redes HFC trabajan únicamente con dos operadoras concretamente TV cable y Telmex, por lo que si se optaría por la red HFC para el conjunto habitacional, tendría el inconveniente principal de estar ligado obligatoriamente a trabajar con una de las dos empresas, y perdería el propósito del conjunto habitacional de tener una red con arquitectura abierta. En cuanto a los servicios requeridos para los usuarios actualmente cumple con las expectativas este tipo de redes pero a futuro, se necesitará mayores velocidades debido al apagón analógico. Donde el funcionamiento de todos los servicios será de manera digital.

Los usuarios de una misma comunidad, comparten la capacidad disponible que provee un solo cable coaxial, por lo tanto, la velocidad del servicio puede variar dependiendo de la cantidad de personas que usen el servicio al mismo tiempo, es decir usan una línea compartida.

Una opción es utilizar cable de cobre coaxial como lo hacen las redes de Tv cable, pero las capacidades de este cable no son muy eficientes y son limitadas, en comparación con la fibra óptica con la cual se manejaría anchos de banda altos, y un aspecto importante, es el precio de la fibra óptica, debido que en la actualidad es mucha más barata que el cable de cobre.

3.1.1.5 RED DE FIBRA

La combinación entre equipos de última generación aliada a la red óptica totalmente pasiva permite que cualquier cliente, comercial o residencial, reciba los servicios en velocidades iniciales de 40 Mbps. Tan o más importante que ese salto de velocidades es que la red óptica bien implementada es verdaderamente a prueba de futuro.

La red de fibra es el medio de comunicación que tiene mayor aplicación, y que puede trabajar a altas velocidades sin problema, y brindar los servicios que se desee.

La red de fibra óptica tendrá los siguientes aspectos importantes;

Disponibilidad, interoperabilidad (capacidad de los sistemas o aplicaciones para cambiar información), simplicidad (necesidad de que un recurso funciones con un conjunto mínimo de opciones), portabilidad (facilidad del soporte lógico y datos para ser transferidos de un sistema a otro), calidad de funcionamiento (capacidad de un sistema o subsistema para ejecutar sus funciones, como el tiempo de respuesta, el caudal de datos, el número de transacciones por segundo, la velocidad de reproducción, etc.), calidad de servicio (nivel de servicio acorde con las expectativas del usuario de ese servicio). Confiabilidad (probabilidad de que un sistema o producto funcione adecuadamente durante un tiempo especificado), escalabilidad (capacidad de operar de arriba y hacia abajo en plataformas y entornos de aplicaciones con diferentes velocidades, capacidades y costos).

Además se abaratan los costos del tendido, al usar la misma canalización subterránea que el tendido eléctrico ya que la fibra y sus componentes no tendrán interferencia.

Por lo que se promovió realizar una aplicación de FTTx, como lo estudiado en el capítulo 2 la tecnología más propicia para realizara diseños de redes triple play es la utilización de la fibra óptica hasta el lugar de residencia es decir la aplicación FTTH, fibra hasta la casa, que es una tecnología de última milla, utilizada en países desarrollados como Japón, Estados Unidos, donde han tenido magníficos resultados, las velocidades que se manejan son altas en comparación con los actuales sistemas de red. Con esta opción nos adelantamos al desarrollo indiscutible de las telecomunicaciones que se va generar en poco tiempo, y sobre todo porque el costo de la red estará en el mismo nivel de cualquier construcción de la red de cobre. La transmisión de datos se la realizará a la velocidad que elija y ya no tendrá problemas en cuanto a conexión se refiere, manejando altas velocidades e incluso en el orden de los gigabit que es un avance importante y necesario hoy en día, ya que los negocios mayor mente ahora se los realizan vía internet, desde el lugar de residencia.

Los beneficios más representativos de utilizar FTTH son; un solo cable de fibra óptica para brindar los tres servicios de comunicaciones, disminuye la canalización al compartir con la de tendido eléctrico, costo en equipos.

FTTH funciona con redes PON (ópticas pasivas), de las cuales las más representativas son APON, BPON, EPON, GPON, ya estudiadas en el capítulo anterior. Para el presente proyecto se ha decidido por la red con mejores características en cuanto a velocidades se requiere tanto de subida como de bajada, capacidad de usuarios ya que con un solo hilo de fibra se expande hasta 64 usuarios, y abaratamiento de los equipos. Por lo que se definió por la red GPON (Red óptica pasiva Gigabit) que cumple con todos los requisitos que presentará el proyecto manejando anchos de banda en el orden de los Gigabit. El diseño se llevará a cabo con todas las consideraciones del estándar GPON, aplicadas a FTTH, con lo cual se tiene las dos normativas básicas para el presente diseño.

3.1.2 UBICACIÓN.

Conjunto Habitacional Sol del Sur el cual se encuentra ubicado en la Avenida Rumichaca y Av. Condor Ñan, Sector Quitumbe.

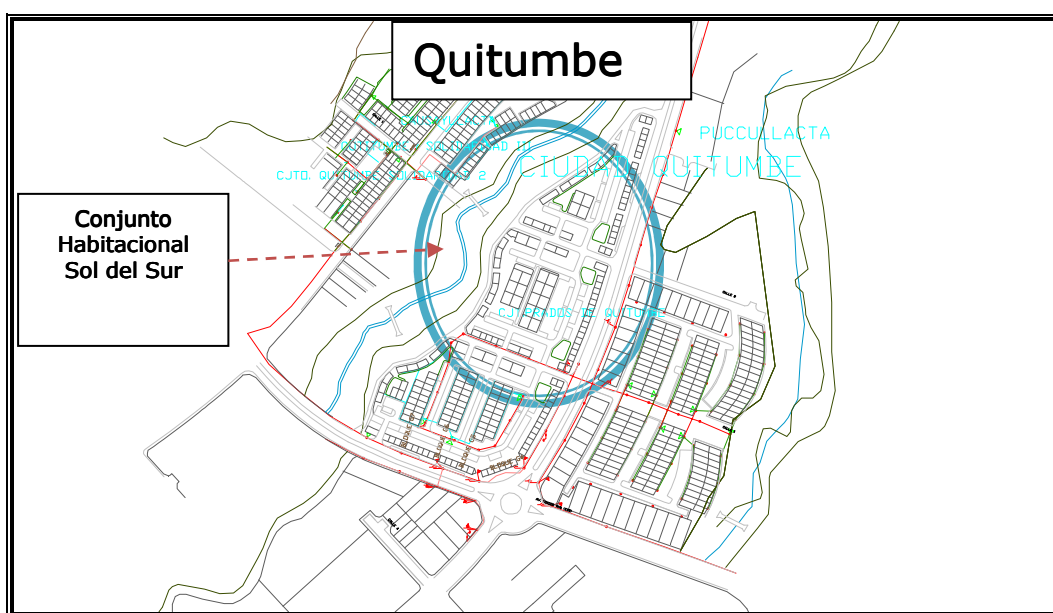


Fig. 3.2 Ubicación geográfica del conjunto habitacional

3.1.3 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

A continuación se dan los datos del Conjunto Habitacional Sol del Sur:

Construcción del conjunto habitacional por etapas; primera etapa del proyecto con un total de 350 casas y con una segunda etapa de 140 casas.

El diseño de la red se está planificado para el total de las etapas, pero los costos del estudio económico, se realizarán para el total de casas entregadas en la primera etapa, es decir para 350 casas.

El conjunto se encuentra constituido por dos manzanas las cuales constan de tres tipos de edificaciones:

- Viviendas tipo unifamiliar, adosadas entre sí en el interior del Conjunto.
- Viviendas tipo dúplex que son bloques de 4 departamentos en 4 plantas.
- Bloques de departamentos que constan de 5 plantas en la que se encuentran: un local comercial en la planta baja y dos departamentos tipo dúplex en las restantes plantas.
- Con esta consideración se tendrá un número de viviendas que se detalla a continuación:

Tipo	Conjunto Habitacional	
	Manzana 1	Manzana 2
No. De viviendas	179	121
No. De locales comerciales	23	27

Tabla 3.1 Características del Conjunto Habitacional.

En el Conjunto se ha previsto que las instalaciones de todos los servicios sean subterráneas que dan un entorno arquitectónico de mejor servicio en las mismas.

3.2 NECESIDADES DE LOS SERVICIOS

Se obtuvo información del conjunto habitacional acerca de la demanda que se tendrá para cada servicio de acuerdo a las necesidades que tenga cada vivienda, con lo cual se arrojaron los siguientes resultados.

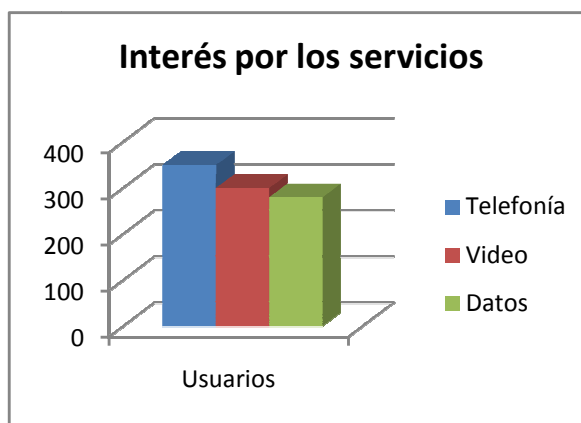


Fig. 3.3 Distribución por servicio.

3.2.1 NECESIDADES TELEFÓNICAS.

Según las disposiciones del Reglamento de Telefonía Fija y el tipo de las viviendas, se ha considerado para este proyecto una demanda inicial de una línea telefónica para cada vivienda y una línea por cada local comercial, por lo tanto se tiene un total de 350 líneas telefónicas.

3.2.2 SERVICIOS DE TELEVISION POR CABLE Y DATOS.

Cada vivienda está diseñada para recibir señales de TV por cable, datos, telefonía vía fibra óptica, mediante el equipo terminal ONT que recibirá las señales y podrá brindar los servicios antes mencionados al abonado. Cabe destacar que este equipo filtrará las señales que se envíe a cada vivienda, discriminando los servicios que no sean pedidos por el abonado. Según las necesidades de cada vivienda y debido a la petición de cada propietario se ha considerando para este proyecto una demanda inicial para los siguientes servicios:

TV POR CABLE	DATOS
De las 350 entre viviendas y locales, 300 desean el servicio.	Se estima 280, abonados que desean el servicio.

Tabla 3.2 Necesidades del Conjunto

3.3 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

3.3.1 GENERALIDADES.

El proyecto se ha realizado considerando los siguientes aspectos:

- Flexibilidad para el servicio a los abonados: voz, datos, video.
- Facilidades para efectuar el mantenimiento de la red.
- Inversión por etapas.
- Capacidad mediana para el tipo de usuarios que tendrá el conjunto
- Cumplimiento de las recomendaciones para redes de última milla, redes de servicio digital.

3.4 DEMANDA DEL DISEÑO

El conjunto Habitacional se realizara por etapas;

La primera etapa del conjunto consta de 350 viviendas

La segunda y tercera etapa está prevista la construcción de 140 viviendas más a 5 años plazo para su construcción, con un total de 490 viviendas, en el conjunto

3.4.1 SERVICIO TELEFÓNICO

3.4.1.1 Demanda Telefónica

La demanda telefónica será de 490 abonados, al ser un conjunto habitacional no tendrá mayor crecimiento que las viviendas descritas anteriormente. Por lo tanto la red es aplicable para este proyecto debido a que, el diseño se realiza a un conjunto habitacional tipo, en este caso la red se realizará para 490 abonados,

sirviendo de consulta para proyectos más grandes, centros comerciales, edificios, zonas privadas, que serviría de gran ayuda por las características de transmisión que maneja GPON.

Por las velocidades que se manejarán en este tipo de red es muy beneficioso, ya que los servicios que se brindarán serán de calidad cumpliendo eficazmente con los requerimientos de los usuarios.

3.4.1.2 Tráfico De La Red

Teniendo en cuenta que las distintas categorías de abonados originan diferentes intensidades de tráfico, lo estimamos de la siguiente manera:

- 530 segundos de ocupación en toda la red, en hora pico.

La hora pico u hora cargada es aquella que comienza a la misma hora todos los días, por el período de 60 minutos consecutivos, cuando más ocupada pasa la central telefónica debido a la demanda que tiene está, ya que la mayor cantidad de usuarios desea ocupar el servicio en el tiempo indicado.

Para la demanda de la red obtenemos el tráfico generado por los 530 seg en hora pico, de la siguiente manera:

$$\frac{530\text{seg}}{1\text{hora}} \times \frac{1\text{hora}}{3600\text{seg}} = 0.1472\text{Erl}$$

$$A = 350 \times 0.1472\text{Erl}$$

$$A = 51.52\text{Erl}$$

EL tráfico generado en hora pico es 51.52 Erlang con lo cual podemos determinar el grado de ocupación que tendrá la central.

Con el siguiente simulador se obtuvo el número de canales correspondientes a las fórmulas del Erlang B.

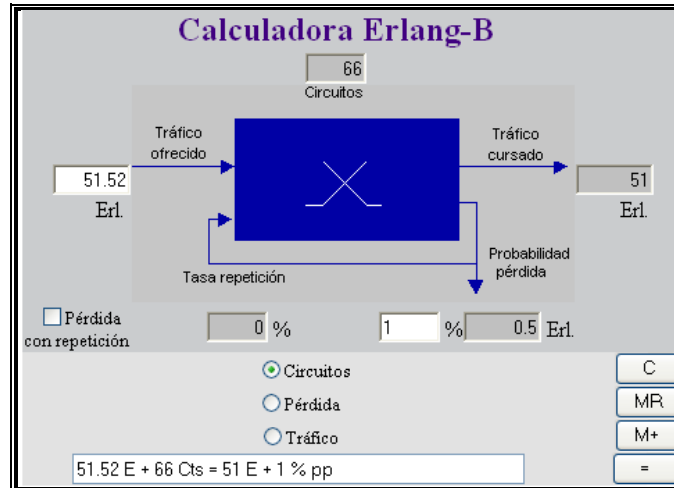


Fig. 3.4 Calculadora del Erlang B [4]

Número de circuitos: 66 canales de voz

Según la ITU (estándar Europeo), un E1 equivalente a 2048 Kbps está formado por 30 canales de voz, cada uno de 64 Kbps, por lo que el número de E1s necesarios son:

$$\#E1 = \frac{66 \text{ canales}}{30 \text{ canales}}$$

$$\#E1 = 3 \text{ E1s}$$

Se necesita 3 E1s.

3.4.2 SERVICIO DE DATOS

Actualmente en el país el acceso a internet ofrecido por las diferentes empresas, en cuanto a precios y a velocidades de acceso es relativamente alto, en comparación con otros países donde se paga menos por tener el servicio de internet.

Un factor importante para la red de datos, es la compartición por usuarios, beneficia principalmente a costos, debido a que de esta manera baja el precio por usuario final. Sin embargo la red es GPON estamos hablando en el orden de los Giga bits por segundo, por lo que se dispondrá de un Ancho de Banda suficiente para ofrecer a los usuarios, pero existen factores por lo cual, la red no puede

utilizarse al cien por ciento, como son, los altos precios que se manejan por kilobit como lo expuestos anteriormente, la capacidad de ofrecer velocidades altas de acceso a internet, debido al cable submarino al cual aún no tenemos acceso.

Debido a la arquitectura de la red, en la que nuestro splitter final tiene una división de 1 a 8, es decir a 8 usuarios finales. La compartición para servicio de datos se realizará de 1 a 8, pero en este caso, las velocidades de acceso, las cuales se compartirá son de; 1 Mbps, 2 Mbps, 4 Mbps, 8 Mbps, 10 Mbps. Se desea brindar la mejor calidad de servicio, por lo que se ofrecerá 1 Mbps totalmente puro, sin compartición, para empresas que así lo requieran.

De acuerdo a la necesidad que se tiene en la red, en este caso para el servicio de datos, del registro de requerimiento de los abonados, se obtuvo la siguiente tabla, de la cual se obtiene el porcentaje, número de abonados y la compartición que se realizará en la red.

Nº de abonados	Porcentaje	Velocidad ofrecida	Compartición
168	60%	1 Mbps	1 a 8
56	20%	2 Mbps	1 a 8
28	10%	4 Mbps	1 a 8
14	5%	8 Mbps	1 a 8
9	3%	10 Mbps	1 a 8
5	2%	1 Mbps	1 a 1

Tabla 3.3 Cuadro demanda de internet

La velocidad que se ofrecerá a cada abonado es;

$$Velocidad\ de\ acceso = \frac{Velocidad\ ofrecida}{Compartición}$$

$$Velocidad\ de\ acceso = \frac{1\ Mbps}{8}$$

$$Velocidad\ de\ acceso = 125\ Kbps$$

Por lo que cada abonado contará con un acceso real de velocidad de 125 Kbps, esto debido a la compartición que se realiza.

Para 168 abonados;

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Numero de abonados}}{\text{Compartición}} \times \text{velocidad de acceso}$$

$$\text{Capacidad} = \frac{168}{8} \times 1 \text{ Mbps}$$

$$\text{Capacidad} = 21 \text{ Mbps}$$

Para 168 abonados en una compartición de 1 a 8, necesitamos una capacidad de 21 Mbps. Esto cuando se ofrece la velocidad de 1 Mbps.

La velocidad que se ofrecerá a cada abonado con 2 Mbps;

$$\text{Velocidad de acceso} = \frac{\text{Velocidad ofrecida}}{\text{Compartición}}$$

$$\text{Velocidad de acceso} = \frac{2 \text{ Mbps}}{8}$$

$$\text{Velocidad de acceso} = 250 \text{ Kbps}$$

Por lo que cada abonado contará con un acceso real de velocidad de 250 Kbps, debido a la compartición que se realiza.

Para 56 abonados;

$$\text{Capacidad} = \frac{56}{8} \times 2 \text{ Mbps}$$

$$\text{Capacidad} = 14 \text{ Mbps}$$

Para 56 abonados en una compartición de 1 a 8, se necesita una capacidad en ancho de banda de 14 Mbps. Esto cuando se ofrece la velocidad de 2 Mbps.

La velocidad que se ofrecerá a cada abonado con 4 Mbps;

$$\text{Velocidad de acceso} = \frac{\text{Velocidad ofrecida}}{\text{Compartición}}$$

$$\text{Velocidad de acceso} = \frac{4 \text{ Mbps}}{8}$$

$$\text{Velocidad de acceso} = 500 \text{ Kbps}$$

Por lo que cada abonado contará con un acceso real de velocidad de 500 Kbps, debido a la compartición que se realiza.

Para 28 abonados;

$$\text{Capacidad} = \frac{28}{8} \times 4 \text{ Mbps}$$

$$\text{Capacidad} = 14 \text{ Mbps}$$

Para 28 abonados en una compartición de 1 a 8, se necesita una capacidad de 14 Mbps. Esto cuando se ofrece la velocidad de 4 Mbps.

La velocidad que se ofrecerá a cada abonado con 8 Mbps;

$$\text{Velocidad de acceso} = \frac{\text{Velocidad ofrecida}}{\text{Compartición}}$$

$$\text{Velocidad de acceso} = \frac{8 \text{ Mbps}}{8}$$

$$\text{Velocidad de acceso} = 1 \text{ Mbps}$$

Por lo que cada abonado contará con un acceso real de velocidad a 1 Mbps, debido a la compartición que se realiza

Para 14 abonados

$$\text{Capacidad} = \frac{14}{8} \times 8 \text{ Mbps}$$

$$\text{Capacidad} = 14 \text{ Mbps}$$

Para 14 abonados en una compartición de 1 a 8, se necesita una capacidad de de 14 Mbps. Esto cuando se ofrece la velocidad de 8 Mbps.

La velocidad que se ofrecerá a cada abonado con 10 Mbps;

$$\text{Velocidad de acceso} = \frac{\text{Velocidad ofrecida}}{\text{Compartición}}$$

$$\text{Velocidad de acceso} = \frac{10 \text{ Mbps}}{8}$$

$$\text{Velocidad de acceso} = 1.25 \text{ Mbps}$$

Para 9 abonados

$$\text{Capacidad} = \frac{9}{8} \times 10 \text{ Mbps}$$

$$\text{Capacidad} = 11.25 \text{ Mbps}$$

Para 9 abonados en una compartición de 1 a 8, se necesita una capacidad de 11.25 Mbps. Esto cuando se ofrece la velocidad de 10 Mbps.

Para 5 abonados los cuales piden una demanda de 1 Mbps puros, sin compartición, se tendrá una capacidad de 5 Mbps.

3.4.2.1 Capacidad para el enlace de down-stream

En total son 280 abonados de los cuales 168 desean el servicio de 1Mbps compartido, 56 abonados desean el servicio de 2 Mbps

$$\begin{aligned} \text{Capacidad}_{\text{Enlace}} &= \text{Capacidad}_{\frac{1\text{Mbps}}{8}} + \text{Capacidad}_{\frac{2\text{Mbps}}{8}} + \text{Capacidad}_{\frac{4\text{Mbps}}{8}} + \text{Capacidad}_{\frac{8\text{Mbps}}{8}} \\ &\quad + \text{Capacidad}_{\frac{10\text{Mbps}}{8}} + \text{Capacidad}_{1\text{Mbps}} \end{aligned}$$

$$\text{Capacidad}_{\text{Enlace}} = 21 \text{ Mbps} + 14 \text{ Mbps} + 14 \text{ Mbps} + 14 \text{ Mbps} + 11.25 \text{ Mbps} + 5 \text{ Mbps}$$

$$\text{Capacidad}_{\text{Enlace}} = 79.25 \text{ Mbps}$$

Es decir las capacidades totales requeridas son de 79.25 Mbps, para cubrir la demanda necesaria de la red diseñada, en cuanto a servicio de datos.

Cabe resaltar que en un futuro muy cercano cada usuario podrá utilizar 2 Mbps para sus necesidades, que cada día se hacen más necesarias especialmente

para la utilización del internet como herramienta indispensable para la comunicación,

3.4.3 SERVICIO DE VIDEO.

La señal de video a lo largo de las últimas décadas ha ido creciendo paulatinamente, debido a la gran demanda que han tenido las operadoras concesionarias de este servicio. Es así que por los diferentes paquetes que ofrece este servicio el grado de demanda para la urbanización ejemplo es de 300 abonados que requieren el servicio, de los cuales las necesidades de cada uno son las siguientes:

Las operadoras que brindan servicio de video poseen diferentes maneras de ofrecer sus servicios tal es así que, lo realizan mediante paquetes que las hemos clasificado de la siguiente manera;

Paquetes	# Canales
Familiar	40 canales
Básico	49 canales
Premium	67 canales
Premium Gold Digital	74 canales
Super Premium digital	92 canales
Super Premium Plus digital	103 canales

Tabla 3.4 Servicios de TVCable.

Esto servirá para poder establecer las condiciones con la operadora que brindara los servicios y saber las necesidades que posea cada usuario. Es así que se obtuvo las encuestas realizadas por la administración del conjunto Habitacional donde se pudo saber el requerimiento de los paquetes que desea poseer cada usuario de este servicio.

Paquetes	Usuarios
Familiar	76
Básico	62
Premium	51
Premium Gold Digital	47
Super Premium digital	36
Super Premium Plus digital	28

Tabla 3.5 Encuestas realizadas a usuarios que utilizarán el servicio de video.

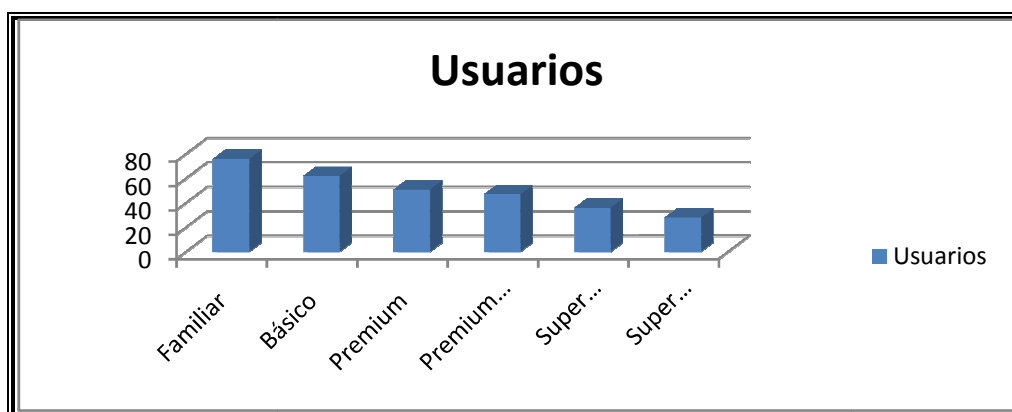


Fig. 3.5 porcentaje de usuarios en Tv por cable

Las consideraciones que se realizará para brindar el servicios de video son las siguientes:

Debido a que las señales de video proveniente de la red principal son de origen analógico, y la transmisión que se realizará en la red GPON es de origen óptico trabajando a una longitud de onda de 1550nm en lo que se refiere a la señal de video. Se requiere un equipo que convierta la señal analógica a señal óptica, por lo que se necesita un Amplificador de fibra dopada de erbio (EDFA) ubicado en la central de comunicaciones de la red.

El amplificador EDFA es un elemento de amplificación de la señal de vídeo RF. Recibe una señal óptica de video RF y amplifica a niveles de potencia adecuados para la transmisión óptica. Es basado en Fibra Dopada con Erblio. La señal de Broadcast de TV a 1550 nm se combina con el Downstream enlace de bajada de la OLT que opera en 1490 nm. La señal de video llega al amplificador óptico que se ubica físicamente después de la OLT sale del amplificador con una señal de 1550nm, desde la cual mediante la multiplexación WDM se combina con las

señales de: Datos, y voz (1310nm y 1490 nm) para luego obtener las tres señales combinadas en una sola transmisión pero en diferentes longitudes de onda, es así como empieza la transmisión de la red GPON.

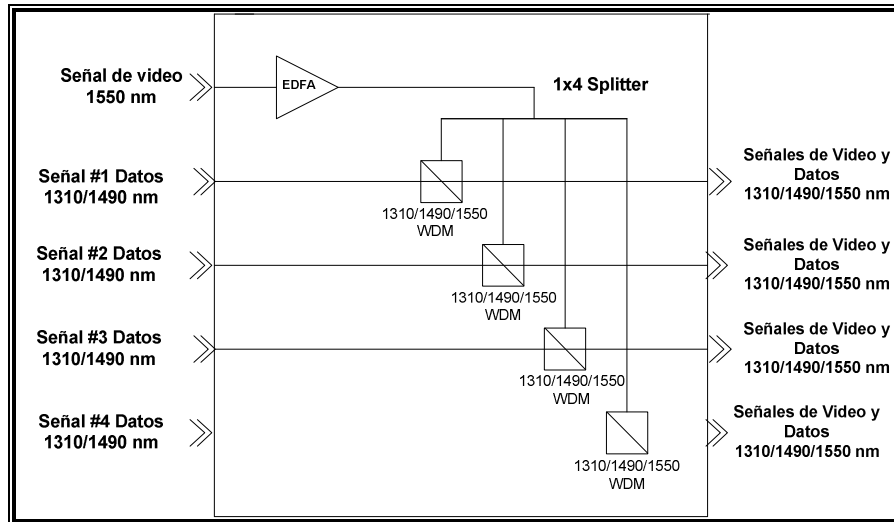


Fig. 3.6 Combinación de las señales de datos con la señal de video [6]

La señal de video emitida desde la cabecera de red, se la realizará de la manera broadcast, es decir se transmitirá para todos los usuarios, y el equipo terminal de red será el encargado de codificar las señales, dando los paquetes requeridos para cada usuario.

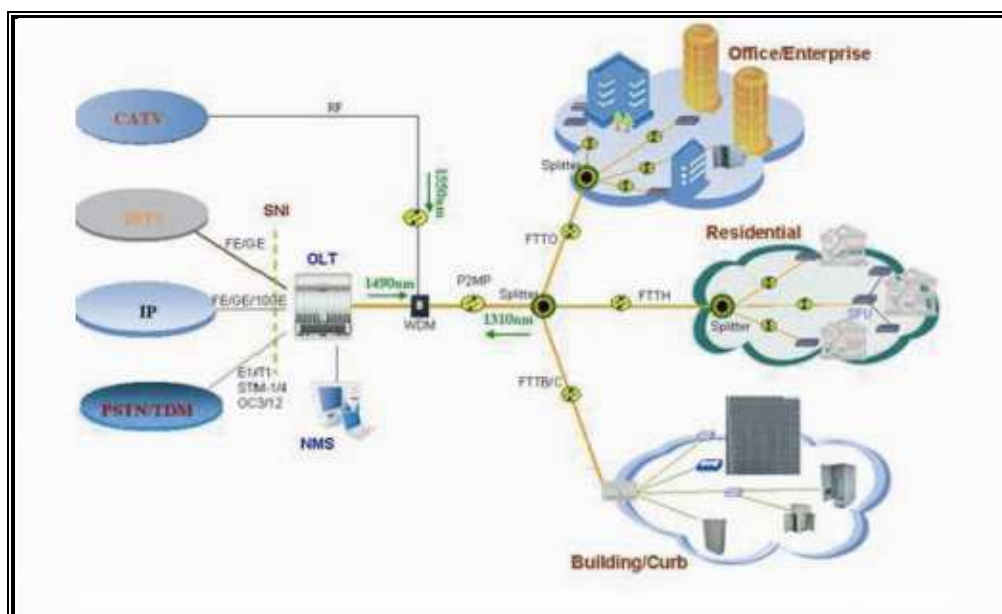


Fig. 3.7 Red GPON aplicada a FTTx [7]

Los requerimientos de nivel de señal en la entrada del receptor óptico del ONU (umbral) son muy diferentes para una transmisión analógica y digital:

Umbral analógico = -6dBmW, recomendado = -3dBmW

Umbral digital = -26 dBmW

Es necesario amplificar la señal analógica EDFA, usualmente se trabaja con un amplificador óptico cuya salida se divide x4 o x8.

Según FSAN = Full Service Access Network los requerimientos para IPTV son los siguientes:

1 canal de SDTV con Mpeg4 1 a 2 Mbps

1 canal de HDTV con Mpeg4 4 a 8 Mbps

Mientras que los requerimientos para un hogar tipo se detallan a continuación:

TV = 1 canal de HDTV + 2 de SDTV se requiere de 6 a 12 Mbps

Internet de 4 a 8 Mbps.

Total se requiere de 10 a 20 Mbps por usuario.

3.5 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

3.5.1 ANCHO DE BANDA DE LA RED

Para el presente proyecto que se realiza el diseño de la red GPON la cual se describe de manera ampliada en el capítulo anterior. El Ancho de Banda que maneja esta red está detallado en el estándar ITU-T G984 que da a conocer lo siguiente:

La velocidad que se puede asignar a cada usuario, siempre y cuando a todos se les entregue un mismo valor, depende del número de subscriptores por OLT con

que se vaya a trabajar, es decir, teóricamente y considerando la recomendación UIT-T G.984, si un puerto OLT fuera a servir con la misma velocidad a 64 ONT entonces los clientes tendrían 37.5 Mbps en *downstream* y 18.75 Mbps en *upstream* cada uno.

	GPON	Por abonado	
		1:32 Splitter	1:64 Splitter
Downstream	2,4 Gbps	75 Mbps	37,5 Mbps
Upstream	1,2 Gbps	37,5 Mbps	18,75 Mbps

Tabla 3.6 Anchos de Banda para la red GPON del estándar ITU-T G984.

Esta tipo de red óptica pasiva en el orden de los Gigabit, está prevista para implementarla en la arquitectura FTTH, ya que por su gran ancho de banda es la mejor opción para poder brindar calidad de servicio en cuanto a la aplicación de triple play que se pretende implementar, en la red.

GPON abarca un total de 32 ONT's como mínimo y 64 ONT's como máximo en una distancia de 20 Km. Para la red en diseño se requiere de 64 ONT's por cada OLT, debido a las condiciones de la red cada usuario podrá contar con un Ancho de Banda máximo de 37.5 Mbps como enlace de bajada y de 18.75 Mbps de enlace de subida. En el proyecto se realiza el diseño tomando las siguientes consideraciones:

Toda la red utilizará Fibra Óptica, desde la central de equipos en este caso la OLT hasta el equipo terminal de red la ONT ubicado en cada vivienda, con lo que se utilizará toda la red Fibra Óptica implementando la red FTTH.

La red FTTH trabaja con un solo hilo de fibra óptica, como su nombre lo dice fibra hasta la casa, un solo hilo de fibra óptica se utilizara desde la cabecera de la red hasta el usuario final, pasando por todos los componentes ópticos de este tipo de redes.

El diseño tiene una dimensión de 490 usuarios. Cada hilo de fibra óptica, tiene capacidad según el estándar G 984 de GPON para 64 usuarios. Con lo cual se necesitan 8 hilos de fibra óptica que saldrán desde el nodo principal específicamente desde la OLT.

Por cada hilo de Fibra Óptica se necesitara:

- 1 OLT
- 1 Splitter de 1 a 2
- 2 Splitters de 1 a 4
- 8 Splitters de 1 a 8
- 64 ONT's

Cabe indicar que la red GPON utiliza 3 longitudes de onda, para la separación de los tipos de señales:

Es por esta razón que las tres longitudes de onda se combinan en un multiplexor WDM (*Wavelength Division Multiplexer*).

1550 nm: señales analógicas y digitales, señal para video RF, desde la central a la ONT.

1490 nm: Voz, datos desde la OLT a la ONT.

1310 nm: Voz, datos desde la ONT a la OLT.

3.6 DISEÑO DE LA RED GPON PARA EL CONJUNTO HABITACIONAL

3.6.1 El proceso de diseño

Para el proceso de diseño definimos:

3.6.1.1 Protocolo

El protocolo que se utilizará para el presente diseño, se encuentra estandarizado en el conjunto de recomendaciones ITU-T G984.

3.6.1.2 Tasa de bit máxima

GPON con el estándar ITU-T G984, define como la tasa de bits máxima a 2.488 Mbps.

3.6.1.3 Longitudes del cable

La longitud mínima en la red desde el armario principal hasta el usuario donde se encuentra la ONT es de 52.9 m, y la longitud máxima existente en la red es de 308.3 m. En la Tabla general de cálculos se encuentra detallado cada tramo existente en la red.

3.6.1.4 Ubicaciones del cable

Las ubicaciones de los cables de fibra óptica, se encuentran en el diagrama de splitters, y más detalladamente en los planos del conjunto en estudio, ubicados en los anexos, donde se detalla el tipo de cable y el número de fibras que se llevará por cada tramo.

3.6.1.5 SM o MM?

Lo define básicamente la distancia a cubrir y la capacidad que requiera manejar cada enlace.

Para el enlace que se utilizara para la red GPON en el presente caso en estudio, y poder llevar la transmisión desde la central de comunicaciones hasta nuestro destino, en cada casa del conjunto habitacional.

Se ha escogido el tipo de fibra óptica Monomodo.

3.6.1.6 Requerimiento óptico

Atenuación Óptica dB/km

1310 nm \leq 0.35

1550 nm \leq 0.25

Uniformidad de Atenuación dB < 0,05 dB

Diámetro del núcleo 9.2 μ m

SM fibra monomodo

3.6.1.7 Especificaciones de los componentes de la red

En las Redes FTTx se debe tener en cuenta, los componentes que se utilizarán y que influyen en el desarrollo del diseño:

Componente	Tipo
Fibras ópticas	SM o MM
Cables ópticos	Aéreos, ductos, bajo tierra
Fuentes de luz	LED, DFB láser, o FP láser
Fotodetectores	Pin o APD
Conectores	
Splitters ópticos	Basados en Fibra o PLC
Transceivers (OLT, ONT o ONU)	Interiores o exteriores

Tabla 3.7 Componentes de la red

Es necesario saber los componentes a tener en cuenta en el diseño de la red, estudiando el equipo relacionado con las redes FTTx.

Componente	Tipo
Instrumentos de prueba y medición	BER tester, OTDR, analizador de espectros, medidor de potencia
Gabinetes	Aéreos, sobre o bajo tierra. Interiores o exteriores
Alimentación eléctrica	Interior o exterior
Ductos de Cable	Ductos macro o mini

Tabla 3.8 Componentes de la red

3.6.1.8 Consideraciones de Planta Externa

En lo referente a la pérdida que tiene la red, a continuación se da a conocer los elementos utilizables para el diseño y la atenuación respectiva que posee cada elemento.

Elemento	Atenuación
Atenuación cable [dB/Km]	1310 nm: 0,4 1490 nm: 0,4 1550 nm: 0,3
Pérdida x conector [dB]	0,30
Pérdida x empalme [dB]	0,05
Potencia Salida PON Card [dBm]	0
Potencia Salida ONT [dBm]	0
Sensibilidad Rx OLT, ONT	-28 dBm
ODN Optical Loss Budget	28 dB

Tabla. 3.9 Niveles de atenuación de los elementos de la red.

3.6.1.9 Consideraciones de Pérdida de Splitters

Taza	Insertion Loss
1x32	17,8 dB
1x16	14,3 dB
1x8	11,1 dB
1x4	7,7 dB
1x2	4,2 dB

Tabla 3.10 Perdidas por splitters

3.6.1.10 Margen de pérdida

Es un factor de seguridad para la potencia óptica en el diseño del enlace. Con lo cual se puede aumentar dB extras a los requerimientos ópticos, para compensar posibles degradaciones no previstas. Se especifica que un margen de pérdida debe ser considerado entre el transmisor y el receptor para compensar posible degradación del equipo.

En un diseño convencional, típicamente se aumenta al sistema entre 1 a 2 dB dependiendo de los requerimientos de rendimiento de la aplicación, el número de posibles reparaciones, y el costo.

3.6.1.11 Diagrama de la Red GPON.

En este diagrama se puede apreciar el esquema de cómo se realizará el diseño, desde la central de equipos donde se encuentra la OLT pasando por tres niveles de Splitters;

- Primer Nivel de Splitter con capacidad de 1 a 2.
- Segundo Nivel de Splitter con capacidad de 1 a 4.
- Tercer Nivel de Splitter con capacidad de 1 a 8.

Al utilizar un solo hilo de fibra, y pasando por los tres niveles de Splitter se obtiene los 64 abonados, que admite la red GPON. En el diagrama se puede representar las ONT's que se ubican en el lugar de residencia de cada usuario.

En este caso se realizó el esquema con un solo hilo de fibra, para el diseño de toda la red está determinado trabajar con 8 hilos de fibra, en los planos de autocad ubicado en anexos se detallará cada hilo de fibra, en forma real ubicado en la red.

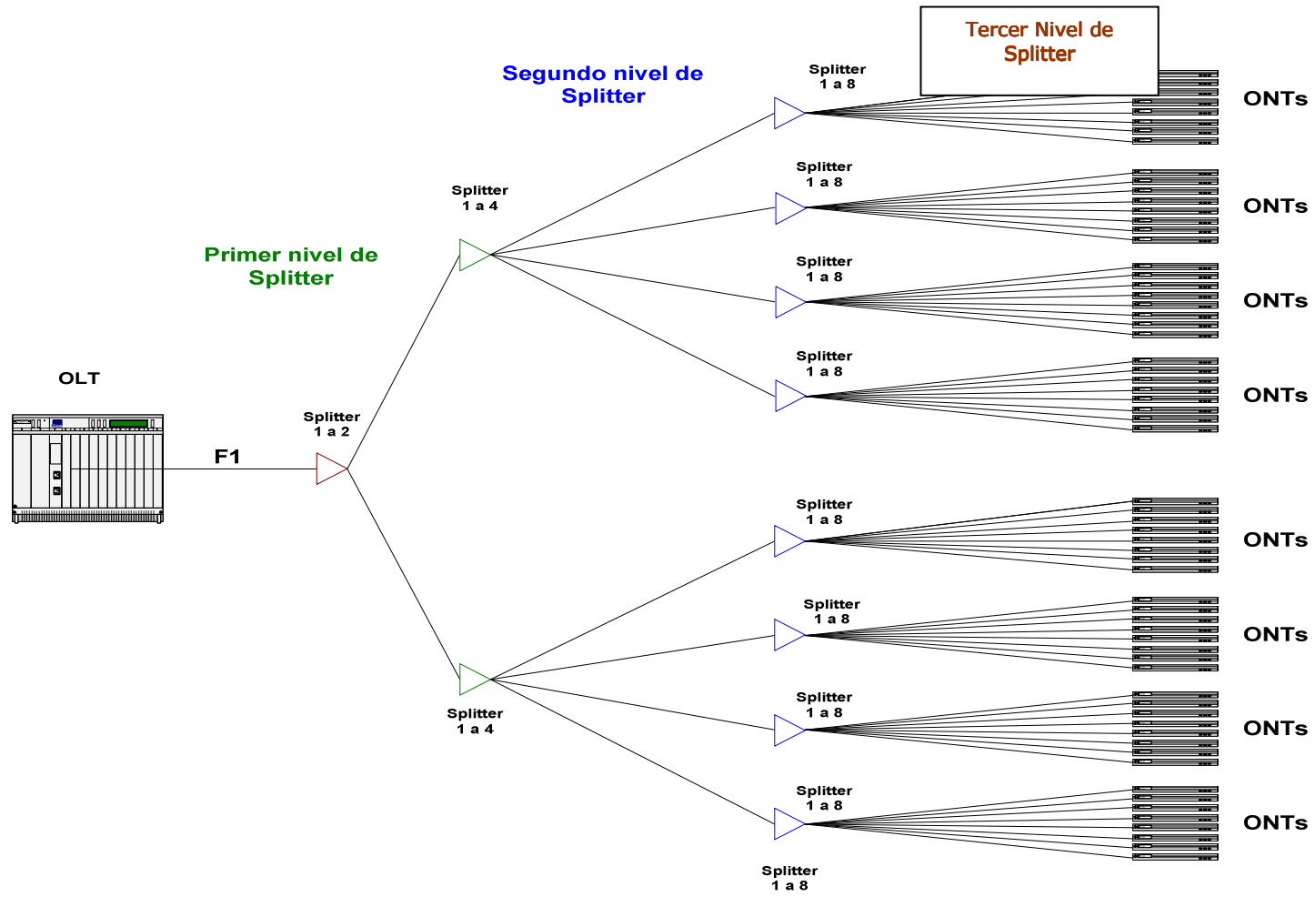


Fig. 3.8 Diagrama de la Red GPON.

3.7 SEGMENTOS DE LA RED GPON



Fig. 3.9 Diagrama de la Red FTTH [9]

Una red de transmisión basada en la arquitectura GPON es compuesta por los siguientes segmentos:

- Nodo o Central de Equipos.
- Red Externa Óptica que se encuentra a su vez constituida por: la Red Troncal y la Red Distribuida.
- Red de Acometida.
- Red Interna de las viviendas.

3.7.1 CENTRAL DE EQUIPOS O NODO CENTRAL

Este cuarto de comunicaciones estará constituido por el elemento principal para una red GPON; el equipo de transmisión óptica (OLT) que es el encargado de conectarse con las señales de video, datos y voz. Provenientes de cualquier operadora elegida por la administración del conjunto y el distribuidor Óptico General (DGO) que se refiere al equipo de manejo de la red responsable por la

transición entre el equipo de transmisión y los cables ópticos troncales de transmisión.

Estos equipos se encuentran optimizados para aplicaciones en sistemas de pequeña capacidad como por ejemplo, condominios horizontales o una red interna de predio.

3.7.2 RED ÓPTICA TRONCAL:

Compuesta básicamente por cables ópticos que llevan la señal de la sala de equipos hasta los centros de distribución o Splitters que son elementos pasivos que pertenecen a una red GPON. Estos cables ópticos son indicados prioritariamente para instalaciones subterráneas y aéreas, devanados por mensajero. Para redes GPON, las fibras ópticas utilizadas son del tipo monomodo.

3.7.3 RED ÓPTICA DE DISTRIBUCIÓN

Compuesta por cables ópticos, llevan la señal de los centros de distribución a las áreas específicas de atención. Estos cables en nuestro caso son subterráneos para facilitar la instalación. Asociados a estos cables, son utilizados cajas de empalme para derivación de las fibras. Cajas de empalme también nombradas de NAP/Network Access Point, son puestos para la distribución de la señal realizando la transición de la red óptica de alimentación a la red terminal, también conocida como red de bajada.

3.7.3.1 Puntos de distribución

Para optimizar el aprovechamiento de fibras ópticas, las redes GPON normalmente se presentan en topología Estrella-Distribuida. En esta configuración, los puntos de distribución hacen la división de la señal óptica en áreas más distantes de la central, disminuyendo el número de fibras ópticas para atender a estos accesos. En este sitio son instalados pequeños armarios ópticos

de distribución asociados a divisores ópticos. En este punto de distribución es hecha la división, distribución y la gerencia de la señal óptica asociada a esta área. De forma alternada, estos armarios pueden ser cambiados por cajas de empalme.

Estos divisores ópticos son del tipo “full-spectrum” y deben tener excelente estabilidad térmica, uniformidad y bajas pérdidas de inserción. Los divisores pueden ser modulares, estándar con fibras para empalme y tipo rugged (fibras y divisor con protección reforzada) para aplicaciones en cajas de empalme externas.

Para la división óptica que se realizará con Splitter se ha tomado en cuenta lo siguiente:

Splitters ubicados en el armario principal; Divisores Ópticos Modulares con razón de división hasta 1x64, conectorizados, utilizados para aplicación en proyectos FTTx específicamente en redes GPON (full spectrum 1260-1650nm) y bajas pérdidas de inserción.

Splitters ubicados en caja de empalme; Divisores Ópticos para Cajas/bandejas de Empalme: Razón de división hasta 1x64, sin conectorización tiene una línea Premium con estructura mecánica robusta para fijación y fibras ópticas protegidas, posibilitando su instalación en cajas de empalme.

3.7.4 RED EXTERNA ÓPTICA

En vista de las características constructivas del Conjunto Habitacional, se ha considerado que la red para el presente proyecto sea totalmente canalizada.

La canalización es en tubería de polietileno P.E semirrígida de 6 atmósferas de presión de los diámetros que se indican en los planos, y con tubo de PVC de 110mm de diámetro y 2.7mm de espesor, por esta tubería está provisto utilizar tri-ducto que no es más que la separación de tres tubos más pequeños en el mismos

espacio, que será por donde vayan las fibras con mayor espaciamiento sin ningún tipo de problema.

Para la distribución local de fibras ópticas en la red FTTH, se necesita poner un Armario Orbital que se utiliza para redes GPON, para la distribución principal que se ubica en el ingreso de la manzana G.

Desde el nodo central hasta el armario orbital se necesita fibra óptica de 8 hilos de capacidad, para la siguiente parte de la red que va desde el armario orbital hasta el punto final de red donde se encuentra la ONT, se necesita un solo hilo de fibra óptica.

Para la distribución de la fibra óptica desde el armario principal hasta los splitters se necesita un cable óptico totalmente dieléctrico, autosoportado, formado por un único tubo tipo *loose*. Este tipo de cable es apto para la instalación de canalización en toda la red.

3.7.4.1 Canalización

Para la acometida se construirá un pozo de revisión de 48 bloques en el ingreso principal al Conjunto y con canalización de 1 sola vía se llegará a otro pozo de 48 bloques al pie del tablero principal de acuerdo con las especificaciones normadas.

En el interior del Conjunto pozos de mano de 60x60x60cm según consta en los planos respectivos. La canalización para la red es en tuberías de PVC de 110mm de diámetro y tuberías de polietileno P.E de 6 atmósferas de presión entre los pozos y las cajas de distribución final. Para las acometidas a viviendas se usa 19mm de diámetro, según se indica en el plano que se adjunta.

3.7.5 RED ÓPTICA DE ACOMETIDA

Compuesta por cables ópticos auto soportados de baja cantidad de fibras. A partir de la caja de empalme terminal – NAP, llevan la señal óptica hasta el abonado. El

elemento de sustentación normalmente es utilizado para sujetar el cable de la casa / edificio del abonado.

Pueden terminar en pequeños DIOs (Distribuidor Interno Óptico – para la transición del cable para cordón óptico) o en pequeños bloqueos ópticos (FOB– para la transición del cable para extensión óptica) en el interior de la casa o edificio.

Debido a las grandes restricciones de espacio y utilización de conductos ya existentes, normalmente son utilizadas fibras ópticas de características especiales para evitar la pérdida de señal por curvaturas acentuadas (fibra óptica tipo bend insensitive – All Wave Flex). Fuera la opción del uso de los cables auto soportados, existe la opción para la utilización del cable de acometida para aplicación en conducto subterráneo.

3.7.5.1 Acometida de la Red.

Como el sector cuenta con canalización telefónica se proyecta la construcción de un pozo de 48 bloques en el ingreso del Conjunto, del cual con canalización de 1 sola vía se llegará a un pozo existente al frente del ingreso del mismo para unir al conjunto con la canalización existente, la conexión de este pozo con el Tablero de Distribución principal será a través de tubería PVC de 110mm de diámetro.

3.7.6 RED INTERNA

A partir del bloqueo óptico (FOB) o distribuidor interno óptico (DIO), son utilizadas extensiones o cordones ópticos para realizar la transición de la señal óptica de la fibra al receptor interno del abonado. Por las mismas razones de restricción de espacio y utilización de conductos existentes internamente a la casa del abonado, las extensiones y cordones ópticos son hechas en fibra óptica especial tipo All Wave Flex.



Fig. 3.10 Simulación de la Red Interna del Conjunto. [10]

3.7.7 RED DE ABONADOS O DISPERSIÓN.

Desde las cajas de distribución final se derivaran las acometidas que llegan directamente hacia el punto final donde se encuentra la ONT, que posee 3 tipos de interfaz, (RJ45, POTS, CATV) con lo cual el usuario tendrá los tres tipos de servicios.

3.7.8 TIERRAS DE PROTECCIÓN AL SISTEMA DIGITAL.

El sistema de protección de la red telefónica digital debe ser realizado de acuerdo a los siguientes parámetros:

La resistividad de las tierras deberá ser menor a 5Ω en los terminales de las series y menores a 2Ω en el armario de distribución principal. El voltaje inducido en las tierras deberá ser menor a 2 VAC.

3.8 CÁLCULOS DEL ENLACE

Para realizar los diferentes cálculos para el desarrollo de la red GPON y que su funcionamiento sea el correcto, se debe analizar diferentes factores que influyen directamente en el desarrollo de la transmisión óptica que se desea realizar, por tal motivo se toma en cuenta las siguientes pérdidas;

3.8.1 PERDIDAS POR SPLITTER

Para la red GPON es recomendable utilizar dos o tres niveles de Splitter, debido a las pérdidas que genera cada Splitter a la red, por lo tanto mientras menor sean los niveles de splitters la red tendrá menor pérdida.

Para la red diseñada se ha considerado tres niveles de Splitter:

- Primer Nivel de Splitter: Llega un hilo de fibra óptica y se divide en dos hilos, conocido como 1 a 2.
- Segundo Nivel de Splitter: Llega un hilo de fibra y se divide en 4 hilos, conocido como 1 a 4.
- Tercer Nivel de Splitter: Llega un hilo de fibra y se divide en 8 hilos, conocido como 1 a 8.

Con los tres niveles de Splitters se puede obtener los 64 usuarios por Fibra óptica que están previstos para la red GPON.

Según la tabla de pérdida de Splitters se considera lo siguiente.

Splitters:

- 1 a 2 con 4.2 dB de pérdida para el enlace
- 1 a 4 con 7.7 dB de pérdida para el enlace
- 1 a 8 con 11.1 dB de pérdida para el enlace

Sumados los tres niveles de Splitter obtenemos el valor total de pérdida por cada enlace de Fibra óptica:

Pérdida por Splitters = (Suma de los tres niveles de Splitters)
 Pérdida por Splitters = Pérdida (Splitter de 1/2 + Splitter de 1/4 + Splitter de 1/8)
 Pérdida por Splitters = 4.2 dB + 7.7 dB + 11.1 dB
 Pérdida por Splitters = 23 dB

3.8.2 Pérdida por Fusión

Para obtener el cálculo de las pérdidas por fusión en el diseño, primero determinamos cuantas fusiones existen en cada enlace de fibra óptica.



Fig. 3.11 Fusión en Splitters

Como se observa en la figura una fusión existe antes y después de una conexión entre el Splitter con el cable a utilizar, es decir para un Splitter de 1 a 2 se tienen 3 fusiones y para el Splitter de 1 a 4 se tendrá 5 fusiones.

En el diagrama del diseño por cada enlace de fibra, en este caso para 8 hilos de fibra óptica, existen 3 niveles de Splitters por cada enlace, como se puede observar en cada Splitter existen 2 fusiones; entre la entrada y salida.

Existen fusiones al momento de conectar los equipos; al conectar la fibra óptica con la OLT, al finalizar la red con la ONT.

En total se tiene 8 fusiones por cada enlace de fibra óptica.

La pérdida que genera cada fusión para el enlace, según la tabla de valores es de 0.05 dB.

Perdida por Fusión = # de fusiones x Perdida por fusión (dB)

Perdida por Fusión = 8 x 0.05 dB

Perdida por Fusión = 0.4 dB

3.8.3 PÉRDIDA POR CONECTORIZACIÓN.

La conectorización se da al unir la fibra óptica con un equipo activo en este caso la OLT o la ONT, para ello necesitamos una interfaz o conector. Para considerar la pérdida que genera la conectorización para la red, hacemos referencia con la máxima pérdida de inserción producida hacia la red es decir el peor de los casos al realizar la conexión, la cuál es el valor de 0.75 dB.

Pérdida por conectorización = Pérdida por conector * # de conectores

Pérdida por conectorización = 0.75 dB * 2

Pérdida por conectorización = 1.5 dB.

Con ayuda del Budget óptico de instalaciones de transmisión de fibra óptica se puede calcular la amortiguación admitida entre los dos terminales y así indirectamente la longitud máxima admisible de línea.

Una vez realizados los cálculos de pérdidas de la red GPON con la ayuda del Budget óptico, el cual para redes xPON tiene que llegar a un valor máximo de 28 dB para que la red funcione correctamente.

Para los cálculos del enlace se considero los valores para la peor condición del diseño, en cuanto a la atenuación del cable, conectores, y fusiones. En los cálculos realizados, el valor más alto en pérdidas que se tiene en toda la red es de 25.054 dB, es conveniente dejar un margen de seguridad de 1,5 a 2dB debido

al envejecimiento de los componentes, y posibles inconvenientes que se puedan presentar en el diseño. Es así que el valor total del Budget óptico que soportará la red es de 27 dB de los 28 dB disponibles, es decir la reserva de la red es de 1 dB.

Este valor puede ser utilizado para la ubicación del nodo principal. Por cada 0.5 dB existentes de reserva equivale a 1 Km, esto debido a la atenuación de la red, por lo tanto con 1 dB de reserva disponemos de 2 km de distancia, físicamente se puede aumentar el enlace de la red, incluso ubicar el armario en otro lugar que pueda dar lugar a mayor crecimiento de la red, o llegar a usuarios más alejados.

		Perdidas						
		Distancia	Cable	# de Splitter	Splitters	Empalmes	Conectores	Total
		m	dB/Km		dB	dB	dB	Db
F1-S	F1-S-A	234,5	0,11725	3	23	0,4	1,5	25,01725
	F1-S-B	190,5	0,09525	3	23	0,4	1,5	24,99525
	F1-S-C	146,1	0,07305	3	23	0,4	1,5	24,97305
	F1-S-D	108,2	0,0541	3	23	0,4	1,5	24,9541
F1-S1	F1-S1-A1	102,7	0,05135	3	23	0,4	1,5	24,95135
	F1-S1-B1	81,4	0,0407	3	23	0,4	1,5	24,9407
	F1-S1-C1	90,3	0,04515	3	23	0,4	1,5	24,94515
	F1-S1-D1	95,2	0,0476	3	23	0,4	1,5	24,9476
F2-S	F2-S-A	220,8	0,1104	3	23	0,4	1,5	25,0104
	F2-S-B	220,8	0,1104	3	23	0,4	1,5	25,0104
	F2-S-C	185,3	0,09265	3	23	0,4	1,5	24,99265
	F2-S-D	185,3	0,09265	3	23	0,4	1,5	24,99265
F2-S1	F2-S1-A1	160,3	0,08015	3	23	0,4	1,5	24,98015
	F2-S1-B1	160,3	0,08015	3	23	0,4	1,5	24,98015
	F2-S1-C1	128,7	0,06435	3	23	0,4	1,5	24,96435
	F2-S1-D1	128,7	0,06435	3	23	0,4	1,5	24,96435
F3-S	F3-S-A	95,1	0,04755	3	23	0,4	1,5	24,94755
	F3-S-B	95,1	0,04755	3	23	0,4	1,5	24,94755
	F3-S-C	52,9	0,02645	3	23	0,4	1,5	24,92645
	F3-S-D	53,3	0,02665	3	23	0,4	1,5	24,92665

		Distancia	Cable	# de Splitter	Splitters	Empalmes	Conectores
		m	dB/Km		dB	dB	dB
F3-S1	F3-S1-A1			3	23	0,4	1,5
	F3-S1-B1			3	23	0,4	1,5
	F3-S1-C1			3	23	0,4	1,5
	F3-S1-D1			3	23	0,4	1,5

F4-S	F4-S-A	157,9	0,07895	3	23	0,4	1,5	24,97895
	F4-S-B	138	0,069	3	23	0,4	1,5	24,969
	F4-S-C	154,1	0,07705	3	23	0,4	1,5	24,97705
	F4-S-D	133	0,0665	3	23	0,4	1,5	24,9665

F4-S1	F4-S1-A1	82,6	0,0413	3	23	0,4	1,5	24,9413
	F4-S1-B1	65,4	0,0327	3	23	0,4	1,5	24,9327
	F4-S1-C1	64,8	0,0324	3	23	0,4	1,5	24,9324
	F4-S1-D1	99,3	0,04965	3	23	0,4	1,5	24,94965

F5-S	F5-S-A	174,5	0,08725	3	23	0,4	1,5	24,98725
	F5-S-B	143,9	0,07195	3	23	0,4	1,5	24,97195
	F5-S-C	110,9	0,05545	3	23	0,4	1,5	24,95545
	F5-S-D	115,1	0,05755	3	23	0,4	1,5	24,95755

F5-S1	F5-S1-A1	124,5	0,06225	3	23	0,4	1,5	24,96225
	F5-S1-B1	101,4	0,0507	3	23	0,4	1,5	24,9507
	F5-S1-C1	125,8	0,0629	3	23	0,4	1,5	24,9629
	F5-S1-D1	122,4	0,0612	3	23	0,4	1,5	24,9612

F6-S	F6-S-A	308,3	0,15415	3	23	0,4	1,5	25,05415
	F6-S-B	280,8	0,1404	3	23	0,4	1,5	25,0404
	F6-S-C	246,3	0,12315	3	23	0,4	1,5	25,02315
	F6-S-D	R		3	23	0,4	1,5	

		Distancia	Cable	# de Splitter	Splitters	Empalmes	Conectores	Total
		m	dB/Km		dB	dB	dB	dB
F6-S1	F6-S1-A1	209,1	0,10455	3	23	0,4	1,5	25,00455
	F6-S1-B1	209,1	0,10455	3	23	0,4	1,5	25,00455
	F6-S1-C1	174,3	0,08715	3	23	0,4	1,5	24,98715
	F6-S1-D1	174,3	0,08715	3	23	0,4	1,5	24,98715
F7-S	F7-S-A	144	0,072	3	23	0,4	1,5	24,972
	F7-S-B	144	0,072	3	23	0,4	1,5	24,972
	F7-S-C	114,3	0,05715	3	23	0,4	1,5	24,95715
	F7-S-D	114,3	0,05715	3	23	0,4	1,5	24,95715
F7-S1	F7-S1-A1	44	0,022	3	23	0,4	1,5	24,922
	F7-S1-B1	43,6	0,0218	3	23	0,4	1,5	24,9218
	F7-S1-C1	82,5	0,04125	3	23	0,4	1,5	24,94125
	F7-S1-D1	R		3	23	0,4	1,5	

Tabla 3.11 Cálculos del Diseño de la red de Comunicaciones

CAPITULO 4

4 ESTUDIO ECONOMICO DE LA RED

Cuando se requiere determinar la factibilidad, con patrón preponderante de calidad y confiabilidad, de un sistema es imprescindible realizar un análisis económico del mismo. Por lo que es necesario delimitar en el diseño de la red una excelente alternativa de funcionamiento a precios muy convenientes.

Según el estudio elaborado por el Centro de Investigaciones para la Sociedad de la Información, el costo promedio de Internet se ha reducido en el país, pero sigue siendo el más caro, de América del Sur. Actualmente existe una gran variedad de empresas que suministran equipos para telecomunicaciones, en especial con los requerimientos que necesitan los equipos para el proyecto en estudio.

Existe una creciente demanda de conexiones de alto ancho de banda en los mercados del mundo. Sin embargo, actualizar el ancho de banda de las tecnologías tradicionales, como DSL (línea de abonado digital), conexiones inalámbricas y de cable coaxial, se está haciendo incluso más retador ya que estas tecnologías están más cerca de sus límites prácticos de capacidad. La competencia entre operadores de red está obligándoles a diferenciar sus ofertas proporcionando más y mejores servicios a sus clientes, que a su vez requieren las últimas tecnologías a prueba de futuro.

El suministro de servicios triple-play (datos, voz y vídeo) a precios competitivos es esencial en este entorno de mercado. Los actuales despliegues de acceso de fibra en Japón y Estados Unidos ofrecen a los abonados acceso de banda ancha a precios de dos a tres veces los precios de los servicios DSL, dependiendo de la velocidad y del mercado.

En América Latina el fenómeno de las redes GPON ya están llegando al mercado, ciudades como Bogotá, Sao Paulo, Buenos Aires y Santiago ya cuentan con el servicio de este tipo de redes. En Colombia existe una plataforma desarrollada

por una empresa extranjera que ofrece tasas de transmisión, de 10 Mbps. Brasil es el único país latinoamericano que desarrollo una plataforma propia de GPON.

Otro factor es la política, que está jugando un papel importante en la dirección del despliegue de banda ancha. El marketing también es un factor importante; las nuevas tecnologías de comunicación se contemplan de forma creciente como un medio de aumentar la atracción y acelerar el desarrollo económico de municipios, regiones e, incluso, países.

Se analizará los costos de los servicios que actualmente reinan en la comunicación como es la banda ancha, el internet para esto ponemos en consideración lo siguiente:

De 0,50 dólares que costaba en promedio un kilobit por segundo (Kbps, unidad de medida de transmisión de la información o también conocida como 'velocidad') en el 2006, ahora cuesta 0,28 dólares.

Sin embargo, en relación a siete países de Sudamérica (ver tabla 4.1) es el más caro, incluso duplica y triplica el valor en otros países", explica el documento.

A esto se suma que en Ecuador todavía se comercializan planes de banda ancha con velocidades de 128 Kbps, mientras en otros países como Argentina ese tipo de acceso "ya ni siquiera se vende".

Las razones para que el acceso a la Red sea el más costoso de la región es que el país no cuenta con una salida directa a los cables submarinos, esto reduciría los costos hasta en un 43 por ciento.

Los costos Dólares por unidad de Kbps (Kbps es la unidad de transmisión)

País	Monto (USD)
Ecuador	0.28
Bolivia	0.19
Chile	0.17
Venezuela	0.14
Colombia	0.14
Argentina	0.12
Perú	0.11

Tabla 4.1 Precios de Internet en Sudamérica

El valor está calculado al promediar el costo de los servicios de los proveedores de cada país. Fuente EL COMERCIO

Los costos han disminuido en alrededor del 50% en la última década. Las operadoras celulares movieron el mercado en las últimas semanas.

Ha tenido que transcurrir casi una década para que la banda ancha (conexión a Internet a mayor velocidad) ya no sea un privilegio de pocos usuarios.

Una de las razones para que esta expansión haya tardado, según las autoridades de telecomunicaciones, ha sido que durante este tiempo el país tenía que conectarse a un solo cable submarino para transmitir la información. Hoy, las opciones son más amplias y se pueden realizar conexiones a través de otros cables. Por eso, incluso, el costo del servicio ha disminuido hasta un 50%.

En 2005, la actual Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) fue la primera en forzar el precio a la baja, al aprovechar la propiedad del cable submarino Panamericano y reducir el precio al público. En ese entonces, conectarse a Internet banda ancha fluctuaba en el mercado entre USD 890 y USD 90 mensuales.

La CNT, a través de Andinatel y Pacifictel, lo ofrecían a USD 60. Y hoy, el servicio, según la velocidad de conexión, varía entre USD 18 y USD 107 al mes.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) quiere presionar los precios a la baja y lanzó sus planes que aumentar la velocidad al mismo precio. Por USD 18 se ofrecía una velocidad de 128 kilobytes por segundo (Kbps). Ahora por el mismo precio se entrega casi el doble de ancho de banda. Jorge Glas, ministro de Telecomunicaciones, explicó que ello se logró gracias a la ampliación del cable Panamericano, por donde se transmite datos, voz e imagen. Con esto se incrementó en 11 veces la capacidad de conectividad para nuestros 150 000 clientes.

La Superintendencia de Telecomunicaciones (Supertel) calcula en 1,8 millones los usuarios de internet, lo cual significa un 13% de penetración del servicio.

4.1 COSTO DE LA RED

Contando para la primera etapa del conjunto habitacional con un total de 350 viviendas entre casas, departamentos y locales comerciales, con una área de 25.464 m^2 .

Para la primera etapa del conjunto habitacional se tendrá el funcionamiento del 68.35 % del total de la red, por lo que el costo de inversión de la red de comunicaciones al igual que la construcción del conjunto habitacional será por etapas.

4.1.1 NODO PRINCIPAL

En la cabecera central de la red, se ubicarán los siguientes equipos;

Un equipo OLT para red GPON, para lo cual se necesitara un chasis en donde irán ubicadas las tarjetas OLT, con capacidad para 64 usuarios cada tarjeta. El diseño de la red tiene una capacidad para 8 tarjetas OLT, es decir para 512

usuarios. Para la primera etapa se dará servicio para 350 usuarios, con lo cual se necesita 6 tarjetas OLT, para su funcionamiento.

Cantidad	Descripción	Costo individual	Costo Total
6	OLT; Tarjeta con 2 puertos PON. A ser instalada en los slots 1-8 del chasis Edge 2000. Control OAM. Administración e indicadores de alarmas.	2659,38	15956,28
1	Chasis: Edge2000 Chasis con tarjeta de control SCMA003, que provee la administración y el manejo de las demás tarjetas y puertos. Tiene 8 slots para tarjetas OLT. Administración mediante puerto 10/100Base T o vía web. Soporta 512 ONT's.	5276	5276
1	EDFA + WDM = EPSP0103; Dispositivo WDM que contiene integrado un EDFA para ofrecer el video a los usuarios.	3580	3580
1	Sistema de gestión: GEM (Gigabit Element Management System (GEMS); Sistema de gestión que provee las herramientas para manejar y monitorear los elementos de una red PON. Permite la configuración rápida y eficiente de los equipos y ofrece una interfaz grafica amigable con el usuario.	2495	2495
Total			27307.28

Tabla 4.2 Precios de elementos del nodo principal

Con la observación de que la red está diseñada para 512 usuarios por lo cual se necesita 8 tarjetas OLT, y se proveerá las dos tarjetas cuando se termine por completo el conjunto habitacional en su totalidad.

Como se puede analizar, el nodo central es el que mayor necesidad de equipos activos necesita, este tipo de red GPON FTTH, utiliza equipos activos en el nodo y el lugar terminal, por lo que la parte más costosa son los equipos activos que se encuentran en el nodo, y el lugar terminal, en la residencia del usuario.

4.1.2 CANALIZACIÓN

Para la canalización de la red del conjunto habitacional, se ha tomado en cuenta lo siguiente;

Al utilizar la fibra óptica como medio de transmisión para el desarrollo de la construcción de la red de comunicaciones, se desarrollo una ventaja importante

con la cual, se puede utilizar la canalización para la red eléctrica, y también para la red de comunicaciones es decir, el cable de energía eléctrica puede ir junto con el cable de fibra óptica sin tener ningún tipo de inconveniente debido que no existe interferencia entre un medio de energía y un medio óptico.

Lo que implica utilizar una sola canalización, para la red eléctrica y la red de comunicaciones, reduciendo de una gran manera los costos para la red ya que en este caso no se gastaría en la canalización extra, como ocurre cuando se realiza una red de cobre, debido a que la red eléctrica y una red de cobre deben estar separadas por lo menos a una distancia de 1 metro para que la señal de comunicación no se vea afectada por la interferencia que puede existir.

Para realizar la canalización se necesita los siguientes elementos;

CANALIZACION Y POZOS		
CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION
3	u.	Pozo de revisión de 48 bloques
37	u.	Pozo de mano de 60x60x60cm
60	m.	Canalización de 2 vías
1250	m.	Triducto

Tabla 4.3 Elementos de canalización

De los elementos mencionados anteriormente solo se tendría que utilizar el tri-ducto para el paso de la fibra, ya que los otros elementos descritos se utilizan para la red eléctrica, asumiendo los costos el proyecto eléctrico ya que la necesidad de energía tiene mayor prioridad que los otros servicios.

Los costos en canalización son los siguientes.

Descripción	Costo unitario	Costo Total
Pozo de revisión de 48 bloques	68,52	2.044,56
Pozo de mano de 60x60x60cm	150,00	5.550,00
Canalización de 2 vías	13,66	17.075,00
Triducto	5,51	6.887,50
Total		31.557,06

Tabla 4.4 Precios de la Canalización

Analizando los precios de canalización, los costos son altos si se trabajará con una red de cobre sea multipar o sea coaxial, Red Híbrida, pero al trabajar con fibra óptica y utilizar la misma canalización que la red eléctrica se ahorra todos los costos que involucra la canalización es decir ahorramos un total de \$31.557,06 (Treinta y un mil quinientos cincuenta y siete con seis centavos de dólares americanos).

Lo cual es un ahorro significativo que se realiza al utilizar la fibra óptica para la construcción de la red.

4.1.3 RED EXTERNA ÓPTICA

Para esta parte de la red donde los elementos que se utilizan son pasivos, armarios de fibra óptica, y los cables de la red la cual se denomina, red externa óptica.

A continuación se detalla los elementos de la red externa óptica:

Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
8	u.	Splitters de 1 a 2	31,20	249,60
16	u.	Splitters de 1 a 4	46,80	748,80
64	u.	Splitters de 1 a 8	54,30	3.475,20
1	u.	Armario Orbital para FTTH	1.850,00	1.850,00

Tabla 4.5 Precios de elementos de la red pasiva

Los cables de fibra óptica también son parte de la red externa óptica, para el caso del diseño en estudio se ha escogido los precios más convenientes del mercado considerando las características mejores para que las condiciones de la red sean las óptimas.

FTTH trabaja con un par de hilo de fibra óptica, desde la central hasta la terminal óptica que se encuentra en la residencia del usuario, para lo cual se ha escogido el Cable Óptico Drop FIS-OPTIC FTTH, el cual es idóneo para trabajar en la red

FTTH, garantizan altísimas tasas de transmisión en aplicaciones Triple Play, atendiendo los servicios actuales y futuros de alto desempeño.

Por lo tanto utilizar este tipo de fibra óptica tiene el siguiente costo;

Descripción	Cantidad (m)	Costo unitario
FIS-OPTIC-DG 02F (62.5) (Outdoor Para Ducto)	6938	0,7609

Tabla 4.6 Cable de Fibra Óptica

Este valor lo sacamos de los precios de una empresa proveedora de materiales para redes ópticas como es Furukawa.

De este precio estipulado por el cable de fibra óptica, se debe considerar la mano de obra que se utilizará para realizar el tendido de la red por medio de canalización, y los costos extras que se tendrá por impuestos. A lo que da un valor total de 1.48 el metro de cable que es un valor estipulado por CNT, con lo cual paga a los diferentes contratistas que construyen redes de comunicaciones, en este caso para fibra óptica de 2 hilos.

Por lo tanto el costo para la fibra óptica será la siguiente:

Costo Fibra	Costo Total
1.48	10.268,24

Tabla 4.7 Costo del cable de Fibra óptica

Es decir el costo total del cable de fibra óptica será de 10.268,24 incluyendo mano de obra, basándonos en precios de CNT.

En cambio si la red se hubiera diseñado con cable de cobre multipar, las especificaciones para la canalización serían:

CABLES TELEFONICOS 0,4mm.		
Cantidad	Unidad	Descripción
780	m.	Cable tipo subterráneo de 10 pares
350	m.	Cable tipo subterráneo de 20 pares
105	m.	Cable tipo subterráneo de 30 pares
190	m.	Cable tipo subterráneo de 50 pares
205	m.	Cable tipo subterráneo de 70 pares
240	m.	Cable tipo subterráneo de 100 pares
10.000	m.	cable NEOPREN 2x20 AWG

Tabla 4.8 Detalle de la Red para cobre multipar

Los valores anteriores fueron sacados para diseñar la red del conjunto si se hubiera tomado la alternativa de utilizar cable multipar, es decir la red esta diseñada para 500 pares y la distribución se la hizo como se muestra en la tabla anterior.

Los costos estipulados por CNT, para este tipo de cables son los siguientes:

Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Cable tipo subterráneo de 10 pares	1,29	1006,20
Cable tipo subterráneo de 20 pares	1,90	665,00
Cable tipo subterráneo de 30 pares	2,54	266,70
Cable tipo subterráneo de 50 pares	3,69	701,10
Cable tipo subterráneo de 70 pares	4,84	992,20
Cable tipo subterráneo de 100 pares	5,90	1.416,00
cable NEOPREN 2x20 AWG	0,85	8.500,00
Costo Total		13.547,20

Tabla 4.9 Precios para cable de cobre multipar

Como se puede observar en la tabla, en la actualidad el cable de cobre es mucho más caro, que el cable de fibra óptica. La fibra óptica en precio tiene comparación, con un cable de 10 Pares de cobre, pero este cable solo nos sirve para 10 personas, y velocidades hasta 2 Mbps. Pero la fibra óptica con un solo par estamos hablando en el orden de los Terabits, en el caso del diseño realizado 1 hilo sirve para 64 usuarios. En capacidad la fibra óptica tiene mucha más ventajas, e incluso en el precio que es mucho más conveniente.

4.1.4 COSTO DE DE EQUIPOS TERMINALES

Para los equipos terminales que utilizará FTTH con los cuales se podrá llegar al usuario a velocidades altas de transmisión, y con los tres servicios previstos como es el caso de voz, video y televisión por cable, para esto lo único que tiene que realizar el usuario es conectarse al equipo terminal el cual, tiene tres diferentes conectores para conectarse a cada servicio. Por lo tanto se necesitará para la red en construcción lo siguiente;

Para la primera etapa se entregaran 350 viviendas por lo tanto necesitaremos solo lo requerido, y conforme se vaya incrementando el conjunto habitacional para completar su construcción, igualmente se completarán los equipos terminales ópticos.

Para los requerimientos actuales del conjunto habitacional en cuanto a la parte final de la red se necesitan los equipos ONU que se detallan a continuación;

Cantidad	Descripción	Precio	Precio Total
350	ONU with 1-Port Fast Ethernet + 1-Port Gigabit Ethernet	161.69	56591.5
350	ONU with 4-Port Fast Ethernet	170.20	59570

Tabla 4.10 Precios de ONT's.

Como se puede observar en la tabla tenemos dos opciones de equipos terminales para acceder a los servicios, de los cuales podemos escoger el que más se acoja a nuestros requerimientos, los dos equipos ofrece la empresa Planet Technology Corporation, la cual se escogió debido a su stock en este tipo de equipo.

4.1.5 COSTO TOTAL DE LA RED

Cabe resaltar que las redes PON en sus inicios su implementación era demasiado costosa como lo fue BPON, APON, pero con el pasar del tiempo y con la rápida difusión de elementos pasivos esto ha logrado que los costos para una red PON

se reduzcan. En lo que se refiere a GPON los precios de implementación de este tipo de red se ha ido reduciendo, es así que países como Japón, España, Estados Unidos, han adoptado su implementación a bajos costos.

En la actualidad existen varias empresas suministradoras de redes PON, las cuales trabajan a precios cómodos y accesibles para su implementación, es así que cada año los precios de los equipos se deprecian considerablemente debido a la demanda que existe por este tipo de elementos pasivos. Es decir implementar una red GPON, ya es una realidad para países sudamericanos, como lo han hecho países como Brasil, y Colombia.

Para la red FTTH se determinan los siguientes costos, aquí se excluye la canalización la cuál será compartida con la red eléctrica.

Red Externa Óptica	6323,60
Tendido de Fibra Óptica	10.268,24
Equipo terminal óptico	59.570,00
Nodo	27.307,28
Total	103.469,12

Tabla 4.11 Costo total de la red

Como se puede apreciar el costo que implica implementar la red es de 103.469,12 (Ciento tres mil con cuatrocientos sesenta y nueve con doce centavos de dólar americanos)

Cabe resaltar que todos los equipos PON van en aumento por lo cual estos tienden a depreciarse en su valor, es por eso que ya se ha implementado en muchas ciudades. Se considera que los equipos se están depreciando el 10 % anual. Por lo tanto los costos de la red FTTH van a ir disminuye en el futuro, con lo cual será accesible para todo tipo de usuarios, en cualquier ambiente.

4.1.6 COSTO REFERENCIAL

Para la red en construcción, según la administración del conjunto habitacional Sol del Sur, se ha determinado el costo por metro cuadrado de construcción, con el valor de 530 dólares americanos. Este valor esta determinado para la venta de los departamentos y las casas con todos los servicios, disponibles como son; agua, luz teléfono, televisión por cable, internet.

EL Total de la red FTTH es de 103.469,12. El cual se suma al monto total del construcción de toda la red. De los 25.646,62 metros cuadrados de construcción, sacamos el costo que cuesta a cada usuario contar con la red FTTH, obteniendo así un valor de 4.03 (cuatro dólares con tres centavos de dólares americanos) el metro cuadrado, lo cual es un valor aceptable para una red de última milla el cual brindará todos los servicios a grandes velocidades de transmisión, con la mejor calidad de servicio.

El valor de la red FTTH ya está incluido, en el costo por metro cuadrado, es decir ya está considerado e el valor de 530 dólares por metro cuadrado. Obteniendo así casa y departamentos en venta de \$40.969 a \$ 46730, que son los valores según los metros cuadrados que requieran los usuarios.

Para el Conjunto Habitacional, al realizar una inversión importante como lo es la red FTTH, la cual genera mejores prestaciones de servicio para los usuarios, los cuales serán los más beneficiados con este tipo de red. Esta inversión se recuperará cuando las casas se hayan vendido en su totalidad, como se lo hace como cualquier tipo de red como la de energía eléctrica, la red de agua potable, y todas las partes de decoración de las casas.

5.1 CONCLUSIONES

Una red inalámbrica no tiene mayor aplicación para una red de conjunto habitacional, para brindar los servicios de comunicaciones, debido a los problemas que tiene este tipo de red, sobre todo el tipo de seguridad que debe tener la red y la configuración de los equipos, por consiguiente la red tendría un costo alto en comparación con otro tipo de redes cableadas.

El avance de las redes de fibra óptica, se ha incrementado en los últimos años, y ha dado origen al desarrollo de FTTx, con lo cual la fibra está siendo utilizada desde enlaces entre centrales hasta la casa del abonado, manejándose con altas velocidades de transmisión.

Con el nacimiento de las redes ópticas pasivas los que utilizan solo equipos pasivos a lo largo de toda la red a excepción del nodo central y de la terminación de la red, los cuales son una gran ventaja en cuanto a mantenimiento y reparación de equipos, frente a una red IP en la cual se utilizan equipos activos en toda la red, siendo el costo de inversión mucho mayor.

Con el desarrollo de las redes PON, se ha llegado a tener una red totalmente óptica, manejando toda la información por medio de longitudes de onda las cuales se utilizan independientemente para cada servicio, ya sea datos, video o voz, mejorando la calidad de información para los usuarios.

Es imprescindible que la manera de comunicación en nuestro país debe cambiar, debido a que el tipo de redes que utilizamos en la mayoría son de cobre ya sea multipar, o coaxial. Con lo cual los anchos de banda son limitados, para la utilización de los servicios y aplicaciones, que la banda ancha tiene hoy en día.

En la actualidad ya es necesario que las comunicaciones terrestres de voz, datos y video sean por medio de fibra óptica, para ello se necesita una gran inversión por parte de las empresas y operadoras más grandes del país, para poder ofrecer una verdadera banda ancha con calidad a los usuarios del servicio.

La banda ancha que llega a los hogares en la actualidad funciona mediante la tecnología ADSL, por medio de los tradicionales pares de cobre que están llegando a sus límites de 10 Mbps. Por ello si deseamos obtener una mejor velocidad es necesario sustituir el cobre por la fibra óptica.

Las Redes Ópticas Pasivas sustituyen a las redes Híbridas (Fibra - coaxial), el tramo de coaxial por Fibra Óptica Monomodo y los derivadores eléctricos por divisores ópticos, para de esta manera mejorar la capacidad con fibra óptica lo cual permite ofrece anchos de banda mejorados en canal descendente y sobre todo en canal ascendente, superando la limitación típica de 36Mbps de los sistemas cable-modem DOCSIS y EURODOCSIS por nodos ópticos.

La red GPON tiene la ventaja de trabajar con equipos pasivos a usuarios localizados a distancias de hasta 20 Km desde la central, con lo cual supera ampliamente a la distancias máximas utilizadas en las tecnologías DSL que son de 5 Km.

Con el tipo de arquitectura que posee la red GPON la cual es punto-multipunto, permite superponer una señal óptica de televisión procedente de de una cabecera CATV en otra longitud de onda diferente a las utilizadas para datos y voz, por lo que no se realiza ningún tipo de modificaciones en los equipos portadores.

Para el usuario, el tendido de fibra hasta los hogares significa un cambio definitivo que resolverá las limitaciones actuales del acceso a Internet, hasta ahora determinadas por la distancia a la central o la calidad del tendido de cobre. Para los operadores, las redes de fibra suponen un despliegue más fácil, lo que posibilita que haya menos centrales, que éstas sean más pequeñas y que puedan cubrir zonas más amplias.

El futuro de las telecomunicaciones pasa por la innovación tecnológica y la renovación de las infraestructuras, y ello con independencia de que en estos momentos existan o no servicios que requieran de las capacidades de las nuevas redes de fibra

El mercado se rige por la demanda de ancho de banda (TV, vídeo bajo demanda, TV Alta Definición, Internet, cableado en el hogar). El despliegue de fibra óptica (FTTx) es viable en costos, tiempo y preparación de la mano de obra, gracias a los nuevos desarrollos.

La construcción de redes FTTH ya es una realidad con millones de líneas instaladas y en crecimiento exponencial, debido a sus beneficios en comparación con otro tipo de redes.

En la actualidad ya es posible trabajar con fibra óptica debido al precio que se maneja, ya que en los últimos años ha tendido a rebajar su costo, es así que el cable de cobre es mucho más caro que la fibra óptica. Como lo pudimos analizar en el capítulo 4.

El trabajar con redes de fibra óptica no tiene ningún problema al utilizar la misma canalización con las redes de tendido eléctrico, ya que no tiene ningún tipo de interferencia como lo ocurre en las redes de cobre. Esto resulta un ahorro significativo en costos utilizara una sola canalización para brindar servicios de comunicaciones y energía eléctrica.

La implementación de una nueva tecnología de última milla, en este caso FTTH, para conjuntos habitacionales es viable, como se pudo analizar el costo que involucra la implementación de la red en estudio es de \$ 4,03 por metro cuadrado de construcción.

Hoy en día contar con el servicio de triple play, significa un alto costo de inversión para implementarla con redes actuales, caso contrario sucede implementar una red con fibra debido a que la implementación nueva rebaja costos de inversión.

5.2 RECOMENDACIONES

Es Indudable que las redes en el futuro serán digitales, y para ello debemos contar con el mejor medio de transmisión como es la fibra óptica, que trabaja a grandes Anchos de Banda y cumple con los requerimientos que los nuevos servicios demandarán.

Se debería tener una correcta planificación acerca del crecimiento de los servicios de telecomunicaciones por parte de las diferentes operadoras debido a que se debe mejorar la calidad de servicio que se ofrece y para ello trabajar con arquitecturas FTTx, es la mejor opción para poder abastecer las redes a edificios, barrios, ciudades, urbanizaciones.

Se recomienda la utilización de la red GPON, con respecto a EPON debido a su gran ancho de banda, seguridad y principalmente bajo costo en los equipos; sin embargo, quedará como elección al diseñador seleccionar correctamente de acuerdo a las necesidades que se requiera satisfacer.

Al trabajar con una red óptica pasiva como lo es GPON, se puede utilizar la canalización que sirve para la red eléctrica, con lo cual ahorramos espacio al no construir otra canalización para la red de comunicaciones y el ahorro en costos es significativo. Haciendo aún más viable el proyecto con redes GPON.

Es recomendable para la red de comunicaciones en conjuntos habitacionales nuevas, utilizar mejor los recursos disponibles, como es el caso de la compartición de la red de tendido eléctrico y la red de tendido de fibra por la misma canalización, lo cual es un gran beneficio para la implementación de la red debido a que se reducen los costos de inversión.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y PUBLICACIONES

- [1] **SERPROTEL** Capacitación Tecnológica Activa FIBRAS ÓPTICAS Aplicaciones en Redes de Telecomunicaciones y Broadcasting Por. Carlos Simoni (FDM TDM)

- [2] **Tecnologías de acceso de banda** ancha Autor: Ramón Jesús Millán Tejedor Publicado en PC World nº 181, IDG Communications S.A., 2001 (Priemr capitulo adsl hfc rdsi)

- [3] **Universidad Técnica Federico Santa María** Departamento de Electrónica Sistemas Multicanal y Topologías WDM

- [4] González, Manuel Álvarez-Campana, Joan Vinyes, Germán Madinabeitia, Víctor García TECNOLOGIAS DE ACCESO Francisco Córdova, MsC (ultima milla)

- [5] **Tendencias Tecnológicas en las Redes de Acceso** 155 FEB.-MAR. 2006 Idoia Uriarte y Octavio Alfageme . Euskaltel Evolución de la tecnología sobre cable para ofrecer servicios

- [6] **Telnet Redes Inteligentes** Redes Ópticas Pasivas y FTTx Tecnología y soluciones. Adolfo García Yagüe Versión 2.2 ~ Julio 2008 (2.27 2.28 topologia)

- [7] **Universidad Técnica Federico Santa Maria.** Departamento de Electronica Valparaiso, Chile Redes HFC (Híbrid Fiber- Coaxial) y sus Vulnerabilidades Juan Cartagena

- [8] **Carrión Hugo**, ingeniería de Tráfico de Telecomunicaciones Marzo 2001

- [9] **FIBRA OPTICA LA GRAN MARAVILLA MODERNA** - ARIAS, DANIEL-LESCANO, SANTIAGO- MARTINEZ, ALEJANDRO- PEREZ MARCOSPerez, WALDO 2008.
- [10] **Alcatel Lucent REDES PASIVAS OPTICAS CONIET 2007**
www_construnario_com Cientos de catálogos___ miles de datos___ Catálogo FADISEL, S_L.htm
- [11] **Comunicaciones inalámbricas CDMA (IS-95)** Ivan Bernal Phd
- [12] **Neri Vela, Rodolfo.** Líneas de Transmisión, McGraw-Hill, México, 1999
- [13] **FURUKAWA Access Advantage Sistem SOLUCIÓN FTTx. A PRUEBA DE FUTURO**
- [14] **FURUKAWA Access Advantage Sistem** Soluciones para Infraestructura Óptica FTTH y FTTA.
- [15] **Th. Pfeiffer, E. Ringoot, A. Granger, D. Wang** LAS FIBRAS ÓPTICAS ABREN EL CAMINO A UN ACCESO DE BANDA ANCHA MAS RÁPIDO
- [16] **ESTUDIO COMPARATIVO DE REDES GPON Y EPON.** MAURICIO LÓPEZ BONILLA EDSON MOSCHIM Scientia et Technica Año XV, No 41, Mayo de 2009. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.
- [17] **Diseño de una red de Banda Ancha para cubrir las necesidades de transferencia de información del mercado ecuatoriano** Stalin Fernando Sánchez Acebo 1, Carlos Iván Guerrero Mosquera 2, Ing. César Yépez Flores.
- [18] **Manual para determinar la factibilidad económica** de proyectos Rafael Luna PROARCA/CAPAS 1999.

- [19] **Alcatel Revista de Telecomunicaciones**, Nuevas oportunidades en el bucle local de abonado, 2000 Redes ópticas ATM
- [20] **Hugo Carrión**, Entorno Regulatorio de las Telecomunicaciones ,Ecuador 2007
- [21] **Enlace Andino Edición Nº24**, Octubre 2004. Sociedad de la información y el conocimiento.
- [22] **VoIP y Asterisk**, Redescubriendo al Telefonía. Julio Gómez López, Francisco Monotya, Alemania 2008.
- [23] **Redes Ópticas**, Ed publicad por Universidad Politécnica de Valencia. Jose Capmany Francoy, Beatriz Ortega Tamarid.
- [24] **Conectronica** Tecnología y Elementos de conexión y conectividad. Curso Formación Fibra Óptica. Fiberopt Parte 1 www.conectronica.com
- [25] **Conectronica** Tecnología y Elementos de conexión y conectividad. Curso Formación Fibra Óptica. Fiberopt Parte 2 www.conectronica.com
- [26] **Conectronica** Tecnología y Elementos de conexión y conectividad. Curso Formación Fibra Óptica. Fiberopt Parte 3 www.conectronica.com
- [27] **Curso Básico de Fibra Óptica** FIBROPTTEL S.A, Walter Deuguarno. Pacifictel 2003.

DIRECCIONES ELECTRONICAS

- [28] <http://www.scribd.com/doc/7109678/Cap4d-Hfc-Ftx>
Redes de Cable Coaxial

- [29] <http://www.scribd.com/doc/7061637/CoaxialFibra>
Cable Coaxial
- [30] <http://www.fibraoptica hoy.com/despliegues-pon-passive-optical-network-para-ftth/> (cap 2 introducc)
- [31] <http://www.ftthforum.net/>
- [32] www.geocities.com/joravigo/comunicaciones.html
- [33] <http://www.ramonmillan.com/documentos/tripleplay.pdf>
- [34] <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/ciberhabitat/museo/cerquita/redes/medios/intro.htm>
- [35] http://personal.auna.com/angelesarauz1/mat_tel/MediosDeTransmision.
- [36] http://base-de-datos0.tripod.com/microonda_terrestre.htm
- [37] <http://www.galeon.com/modul/aficiones1366331.html>
- [38] <http://www.cableduracion.org.mx/micrositios/redes2/redcab.htm>
- [39] <http://www.geocities.com/johnnymacedo/Trabajo2HDSLHDSL2>.
- [40] http://helios.tlm.unavarra.es/asignaturas/bi/bi98_99/bi06/Final/TVdigital/redcat
- [41] <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlanteleXterior/Introducables.pdf>

TESIS

- [42] **DIANA PATRICIA PABÓN TACO** “DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GPON PARA PROVEER SERVICIOS TRIPLE PLAY (TV, INTERNET Y TELEFONÍA) EN EL SECTOR DE LA CAROLINA A TRAVÉS DE LA RED DEL GRUPO TVCABLE”
- [43] **JORGE ISRAEL LOGROÑO GÓMEZ** “INTEGRACIÓN DE LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS ETHERNET EPON/GPON CON LA TECNOLOGÍA WiMAX”
- [44] **NELSON GUSTAVO MONTEROS MONTENEGRO** “DISEÑO PARA LA PRESTACION DE TRIPLE PLAY BASADO EN PROTOCOLO INTERNET PARA EL CONCESIONARIO DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCION CAYAMBE VISION”

BIBLIOGRAFIA DE FIGURAS

CAPITULO 1

[1] <http://www.eveliux.com/mx/fibra-optica-fiber-optic.php> Fibra óptica (fiber optic)

[2] <http://www.scribd.com>

[3] <http://images.google.com.ec/imgres?imgurl=>

[4] <http://images.google.com.ec/imgres?imgurl=>

[5] http://pdf.rincondelvago.com/medios-de-transmision_1.html

[6] <http://www.monografias.com/trabajos17/medios-de-transmision/medios-de-transmision.shtml>

[7,8] <http://images.google.com.ec/imgres?imgurl=http://bp0.blogger.com/>

[12,13] http://www.unicrom.com/art_FibraOptica_multimodo_gradual_transmisio

CAPITULO 2

[1, 2, 9] 3M Telecomunicaciones. Para Disfrutar la Verdadera Banda Ancha en el Hogar: FTTH e Infraestructuras para el Hogar Digital. Susana Lallena 4 de Octubre 2006

[5] <http://www.nuevaregion.com/index.php?option=com>

[6, 10, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27] **IEEE Argentina.** Redes FTTx Conceptos y Aplicaciones Ing. Miguel Lattanzi Lic. Agustín Graf

[7] <http://www1.unavarra.es/ets-industrialesytelecos>
Introduccion a la tecnología HFC

[16, 19, 3, 32 , 33, 34] **FTTx – Fiber To The X** (Home, Building, Apartment)
Infraestructura para la Red PON FURUKAWA

[9] **FTTx – Fiber To The X** (Home, Building, Apartment)
Infraestructura para la Red PON FURUKAWA

[8] **ESTÁNDAR IEEE 802.14 EN REDES DE BANDA ANCHA HFC**
(HÍBRIDAS FIBRA ÓPTICA-COAXIAL) Lic. Ana Claret Dávila Rodríguez

[11,28,29,3] http://www.telnetri.es/fileadmin/user_upload/img/soluciones/PON
Redes PON

[12] Consulta Pública sobre Redes de Acceso de Nueva Generación (NGaNs)
José Luis Ferrero. Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones

[15, 11] **Cinit INTRODUCCIÓN A FIBER DEEP Y REDES ÓPTICAS PASIVAS.**
Hintze ITC , SA de CV Información Comunicación

[13, 14, 36, 37] Redes de Acceso de Banda Ancha. Arquitectura, Prestaciones, Servicios y Evolución 2003 Julio Berrocal, Enrique Vázquez, Francisco

[35,39] <http://www.monografias.com>

[40, 42, 43, 44, 45, 46] <http://www.telnet-ri.es/index.php?id=347>

[41] <http://www.ramonmillan.com/documentos/gpon.pdf> GPON (Gigabit Passive Optical Network) Autor: Ramón Jesús Millán Tejedor Publicado en BIT nº 166, COIT & AEIT, 2007

CAPITULO 3

[4] <http://personal.telefonica.terra.es/web/vr/erlang/cerlangb.htm>

[6, 7] **Motorola** ARQUITECTURA XPON

GLOSARIO

CATV.-(Community Antenna Television - Televisión por Cable). Servicio que ofrece transferencia de imágenes de televisión a domicilios abonados. La red contaba con un sistema de antenas, amplificadores y mezcladores de señal, y la señal era enviada por cables a sus vecinos, haciendo así posible que todos vieran televisión sin necesidad de antenas. Actualmente está extendido por todo el mundo.

Bit es una señal electrónica que puede estar encendida (1) o apagada (0)La mayoría de las veces los bits se utilizan para describir velocidades de transmisión

Decibelio es la unidad relativa empleada en acústica y telecomunicaciones para expresar la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.El decibelio, cuyo símbolo es *dB*, es una unidad logarítmica.

Ruido todas las perturbaciones eléctricas que interfieren sobre las señales transmitidas o procesadas. También, de una forma general el ruido se asocia con la idea de un sonido molesto, bien por su incoherencia, por su volumen o por ambas cosas a la vez.

Dispersión: Descomposición de la luz más compleja en otras luces más simples, la separación de la luz en las longitudes de onda que la componen.

Ruido térmico (o ruido térmico) existe en todos los circuitos y dispositivos como resultado de la energía térmica. En los circuitos electrónicos, hay variaciones aleatorias en la corriente o el voltaje causado por la energía térmica.

Byte es la unidad fundamental de datos en los ordenadores personales, un byte son ocho bits contiguos. El byte es también la unidad de medida básica para memoria, almacenando el equivalente a un carácter.

Índice Refractivo La cantidad de doblaje o refracción que ocurre en la interface de dos materiales, de densidades diferentes, es bastante predecible y depende del índice refractivo (también llamado índice de refracción) de los dos materiales.

PARADIAFONÍA (NEXT): La paradiafonía (NEXT) se computa como la relación entre la amplitud de voltaje de la señal de prueba y la señal diafónica, medida en el mismo extremo del enlace. El NEXT se debe medir de par en par en un enlace UTP, y desde ambos extremos del enlace.

TELEDIAFONÍA (FEXT): La diafonía que ocurre a mayor distancia del transmisor genera menos ruido en un cable que la NEXT. El ruido causado por FEXT también regresa a la fuente, pero se va atenuando en el trayecto. Por lo tanto, FEXT no es un problema tan significativo como NEXT

Interferencia Electromagnética es la perturbación que ocurre en cualquier circuito, componente o sistema electrónico causada por una fuente externa al mismo. También se conoce como EMI por sus siglas en inglés (ElectroMagnetic Interference), Radio Frequency Interference o RFI.

Bucle Local En telecomunicaciones; el bucle local, bucle de abonado o lazo local es el cableado que se extiende entre la central telefónica (o conmutador) y las dependencias del usuario.

Token Ring es una arquitectura de red desarrollada por IBM en los años 1970 con topología lógica en anillo y técnica de acceso de paso de testigo. Token Ring se recoge en el estándar IEEE 802.5.

Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Fast Ethernet o Ethernet de alta velocidad es el nombre de una serie de estándares de IEEE de redes Ethernet de 100 Mbps (megabits por segundo). En su momento el prefijo *fast* se le agregó para diferenciarla de la versión original Ethernet de 10 Mbps.

Gigabit Ethernet también conocida como GigaE, es una ampliación del estándar Ethernet (concretamente la versión 802.3ab y 802.3z del IEEE) que consigue una capacidad de transmisión de 1 Gigabit por segundo.

Conmutador, un tipo de dispositivo eléctrico que permite modificar el camino que deben seguir los electrones.

PBX (siglas en inglés de *Private Branch Exchange* y *Private Automatic Branch Exchange* para PABX) *Central secundaria privada automática*, es cualquier central telefónica conectada directamente a la red pública de teléfono por medio de líneas troncales.

Voz sobre IP Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz IP, VoZIP, VoIP (por sus siglas en inglés), es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Internet Protocol). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital en paquetes en lugar de enviarla (en forma digital o analógica) a través de circuitos utilizables sólo para telefonía como una compañía telefónica convencional.

RJ-45 es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado.

Red de área local o LAN (del inglés Local Area Network) es la interconexión de varios ordenadores y periféricos. Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros o con repetidores podríamos llegar a la distancia de un campo de 1 kilómetro.

Backbone se refiere a las principales conexiones troncales de Internet.

BNC (del inglés Bayonet Neill-Concelman) BNC es un tipo de conector usado con cables coaxiales.

Regeneración de la señal La regeneración de las señales digitales, es todo lo que se necesita para restaurar la señal a su forma original, es decir, no es necesario amplificar, ecualizar, ni procesar en alguna otra forma.

Amplificador Los amplificadores amplifican tanto el ruido como la señal

Decodificador o descodificador es un circuito combinacional, cuya función es inversa a la del codificador.

Codificador es un circuito combinacional con 2^N entradas y N salidas, cuya misión es presentar en la salida el código binario correspondiente a la entrada activada.

WAN, del inglés), es un tipo de red de computadoras capaz de cubrir distancias desde unos 100km hasta unos 1000 km, dando el servicio a un país o un continente.

Dieléctrico a los materiales que no conducen la electricidad, por lo se pueden utilizar como aislantes eléctricos.

Inducción electromagnética es el fenómeno que origina la producción de una fuerza electromotriz en un medio o cuerpo expuesto a un campo magnético variable, o bien en un medio móvil respecto a un campo magnético estático.

Conversor analógico-digital es un dispositivo electrónico capaz de convertir una entrada analógica de voltaje en un valor binario, en otras palabras, este se encarga de transformar señales analógicas de entrada a digitales en la salida.

Fotodiodo es un semiconductor construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz.

Amplificador óptico En fibra óptica, un amplificador óptico es un dispositivo que amplifica una señal óptica directamente, sin la necesidad de convertir la señal al dominio eléctrico, amplificar en eléctrico y volver a pasar a óptico.

Láser (de la sigla inglesa *LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, amplificación de luz por emisión estimulada de radiación) es un dispositivo que utiliza un efecto de la mecánica cuántica, la emisión inducida o

estimulada, para generar un haz de luz coherente de un medio adecuado y con el tamaño, la forma y la pureza controlados.

Refracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro.

Direccional: Las antenas de emisión y recepción están perfectamente alineadas

Omnidireccional: El diagrama de radiación de la antena es mas disperso pudiendo la señal ser recibida por varias antenas

UHF (siglas del inglés: *Ultra High Frequency*, frecuencia ultra alta) es una banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz.

VHF (*Very High Frequency*) es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.

Topología De Red se define como la cadena de comunicación que los nodos conforman una red usada para comunicarse.

Las conexiones sincronas (sincronizadas), con aquellas en las que el emisor y el receptor establecen un tipo de comunicación "organizada", en la que (podría decirse), por cada solicitud enviada, se espera una respuesta hasta recibirla (con un tiempo máximo, si se vence el tiempo se reenvía), luego otra solicitud y la otra parte otra respuesta.

Dúplex es capaz de mantener una comunicación bidireccional, enviando y recibiendo mensajes de forma simultánea.

Full dúplex (dúplex) permitiendo canales de envío y recepción simultáneos.

Conexiones no sincronizadas, esto no es necesariamente así, pudiendo ocurrir que se envíen varias peticiones sin esperar respuestas y recibir esas respuestas en diferente orden.

Half dúplex (semidúplex) En ocasiones encontramos sistemas que pueden transmitir en los dos sentidos, pero no de forma simultánea.

Símplex Sólo permiten la transmisión en un sentido.

CSU / DSU (Channel Service Unit / Data Service Unit) es un dispositivo de interfaz digital, utilizado para conectar un dispositivo de equipo terminal de datos o DTE, como un router, a un circuito digital (por ejemplo, una línea T1)

Paquete unidad de datos enviados sobre una red

Multicanalizadores *optimizan el canal de comunicaciones, son pieza importante en las redes de transporte y ofrecen las siguientes características: se utiliza para transmitir varias fuentes de información pueden ser voz, datos y vídeo sobre un mismo canal de comunicación.*

Trama es una unidad de envío de datos. Viene a ser el equivalente de paquete de datos.

Multimedia se utiliza para referirse a cualquier objeto o sistema que utiliza múltiples medios de expresión (físicos o digitales) para presentar o comunicar información.

Protocolo de Internet (IP, de sus siglas en inglés *Internet Protocol*) es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados. Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas (en el protocolo IP estos términos se suelen usar indistintamente).

MPEG-4, MPEG (Moving Picture Experts Group) de ISO/IEC. Los usos principales del estándar MPEG-4 son los flujos de medios audiovisuales, la distribución en CD, la transmisión bidireccional por videófono y emisión de televisión.

MPEG-2 es la designación para un grupo de estándares de codificación de audio y vídeo acordado por MPEG (grupo de expertos en imágenes en movimiento), usado para codificar audio y vídeo para señales de transmisión, que incluyen televisión digital terrestre, por satélite o cable.

Ingeniería de tráfico diferentes funciones necesarias para planificar, diseñar, proyectar, dimensionar, desarrollar y supervisar redes de telecomunicaciones en condiciones óptimas de acuerdo a la demanda de servicios, márgenes de beneficios de la explotación, calidad de la prestación y entorno regulatorio y comercial.

HDTV Televisión de alta definición del inglés *High Definition Television*) es uno de los formatos que, sumados a la televisión digital (**DTV**), se caracteriza por emitir señales televisivas en una calidad digital superior a los sistemas tradicionales analógicos de televisión en colores (NTSC, SECAM, PAL).

SDTV Definición estándar en inglés *SDTV (Standard Definition Television)* es el acrónimo que reciben las señales de televisión que no se pueden considerar señales de alta definición (HDTV) ni de señal de televisión de definición mejorada (EDTV).

Redes de acceso El trayecto final de las redes de telecomunicación, el tramo que une el domicilio de cada usuario con el resto de la red, se denomina red de acceso.

Vídeo bajo demanda es un sistema de televisión que permite al usuario el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada ofreciéndole, de este modo, la posibilidad de solicitar y visualizar una película o programa concreto en el momento exacto que el telespectador lo desee.

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

Upstream se refiere a la velocidad con que los datos pueden ser transferidos de un cliente a un servidor, lo que podría traducirse como velocidad de carga, subida (uploading).

Downstream se refiere a la velocidad con que los datos pueden ser transferidos de un servidor a un cliente, lo que podría traducirse como velocidad de bajada (downloading).

Encriptar es la acción de proteger información para que no pueda ser leída sin una clave.

CWDM El multiplexado por división aproximada de longitud de onda (CWDM) es un sistema que pertenece a la familia de multiplexión por división de longitud de onda (WDM), se utilizó a principios de los años 80 para transportar señal de video (CATV) en conductores de fibra multimodo,

Un conmutador o switch es un dispositivo digital de lógica de interconexión de redes de computadores que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo OSI.

Router es un dispositivo para la interconexión de redes informáticas que permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos, que opera en la capa tres (nivel de red).

Cable Módem es un tipo especial de módem diseñado para modular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable.

Cuello de botella Cuando la capacidad de procesamiento de un dispositivo es mayor que la capacidad del bus al que se encuentra conectado el dispositivo.

QoS o Calidad de Servicio (*Quality of Service*, en inglés) son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado (*throughput*). Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio.

Protocolo es el conjunto de reglas normalizadas para la representación, señalización, autenticación y detección de errores necesario para enviar información a través de un canal de comunicación.

FICON es una interfaz desarrollada por IBM siendo la evolución de la interfaz ESCON, esto se produce debido a las limitantes en cuanto a la cantidad de canales que se podían establecer. Actualmente existe una nueva generación llamada FICON Express4 la cual puede lograr velocidades de 4 Gbps con autonegociación y 1 a 2 Gbps naturalmente con switches, directores y dispositivos de almacenamiento; con conexiones de 4 a 10 Km usando Fibra óptica en monomodo.

ESCON (Enterprise Systems Connection en inglés), es la marca comercial de IBM para una interfaz óptica serial entre los mainframe de IBM y los dispositivos periféricos tales como unidades de almacenamiento y de respaldo. Es capaz de lograr comunicaciones half-duplex a una velocidad de 200 Mbps (Millones de bits/segundo) en distancias mayores a los 60 kilómetros.

PLC Power Line Communications también conocido por sus siglas PLC, es un término inglés que puede traducirse por *comunicaciones mediante cable eléctrico* y que se refiere a diferentes tecnologías que utilizan las líneas de energía eléctrica convencionales para transmitir señales de radio para propósitos de comunicación.

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

Acoplador direccional Divisores de potencia y acopladores direccionales son dispositivos pasivos usados en el campo de la radio tecnología.

Broadcast Es un modo de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo.

OTDR (del inglés: Optical Time Domain Reflectometer) es un instrumento óptico-electrónico usado para caracterizar una fibra óptica.

Planta externa es toda la infraestructura exterior o medios enterrados, tendidos o dispuestos a la intemperie por medio de los cuáles una empresa de telecomunicaciones o energía ofrece sus servicios al cliente que lo requiere.

Armario de distribución: elemento de red que interconecta la red primaria con la red secundaria.

Abonado (suscriptor telefónico): persona natural o jurídica a quien se asigna el servicio telefónico.

Caja de dispersión: es la caja de distribución ubicada en el poste, en fachadas o pedestales, donde interconecta la red secundaria con el alambre telefónico de acometida que viene de la fachada.

Canalización: conjunto de elementos ubicados bajo la superficie de la tierra que sirven de alojamiento y protección a cables y otros elementos telefónicos que forman la parte subterránea de la red telefónica.

Empalme: proceso de unir o empatar los pares de los cables entre sí.

ATM: (*Modo de transferencia asíncrono*) es una tecnología de red reciente que, a diferencia de Ethernet, red en anillo y FDDI, permite la transferencia simultánea de datos y voz a través de la misma línea.

AES Advanced Encryption Standard es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos. su predecesor, el Data Encryption Standard (DES).

IPTV Internet Protocol Television se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y/o vídeo usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP.

Códigos NRZ, se denomina NRZ porque el voltaje no vuelve a cero entre bits consecutivos de valor uno. Mediante la asignación de un nivel de tensión a cada símbolo se simplifica la tarea de codificar un mensaje.

8b/10b designa un tipo de codificación para la transmisión de bits en líneas de alta velocidad. Esta codificación consiste en transformar cada cadena de 8 bits en una cadena de 10 bits antes de transmitirla por la línea, teniendo en cuenta que no puede haber más de cinco ceros o cinco unos seguidos. La transformación de la cadena de 8 bits en 10 bits se realiza mediante tablas de conversión, que simplemente buscan el nuevo valor de la cadena a transmitir.

SNMP Simple Network Management Protocol El Protocolo Simple de Administración de Red o SNMP es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red. Es parte de la familia de protocolos TCP/IP.

V.35 Estándar de la ITU utilizado en el intercambio de datos sincrónicos en alta velocidad. Es el estándar de interfaz usado por la mayoría de los routers y DSU en EE.UU.

Jitter Es la variación en el retardo, en términos simples la diferencia entre el tiempo en que llega un pulso de una transmisión digital y el tiempo que se cree que llegará el pulso.

DES (*Data Encryption Standard*), algoritmo de cifrado simétrico por bloques de 64 bits.

HPOpenview Software de gestión propietario de Hewelet Packard que está destinado a la administración de redes distribuidas. Permite analizar, mediante visualizaciones en formato gráfico e intuitivo, los dispositivos y el estado de la red en todo momento.

POTS (*Plain Old Telephone Service*) Conocido también como servicio telefónico tradicional, que se refiere a la manera en cómo se ofrece el servicio telefónico analógico (o convencional) por medio de hilos de cobre.