

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SEDE CUENCA.

FACULTAD DE INGENIERÍA.

CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA.

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Electrónico

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA
QUE CONTENGA LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
BRINDAR SERVICIOS TRIPLE PLAY A NIVEL LOCAL
EN LA EMPRESA PRIVADA “TERACOM S.A.” UBICADA
EN PASAJE PROVINCIA DE EL ORO**

AUTOR:

Diego Vinicio Bermeo Tenorio

DIRECTOR:

Msc. Ing. Juan Pablo Bermeo M.

Cuenca- Ecuador

2010

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Todos los criterios, opiniones, análisis, interpretaciones, conclusiones y demás aspectos vertidos en el presente trabajo, son de la absoluta responsabilidad de su autor.

Cuenca, 6 de Enero del 2010

Diego Vinicio Bermeo Tenorio

CERTIFICACIÓN

Msc. Ing. Juan Pablo Bermeo M.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA

Que el **ESTUDIO Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA QUE CONTENGA LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA BRINDAR SERVICIOS TRIPLE PLAY A NIVEL LOCAL EN LA EMPRESA PRIVADA “TERACOM S.A.” UBICADA EN PASAJE PROVINCIA DE EL ORO**, ha sido asesorado y revisado de acuerdo a los lineamientos establecidos en el proyecto inicial y al cronograma definido, por lo que después de reunir los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, autorizo su presentación para los fines legales consiguientes.

Cuenca, 6 de Enero del 2010

Msc. Ing. Juan Pablo Bermeo M.

DEDICATORIA

A mi esposa Mayra quien desde siempre con su ejemplo de lucha y sobre todo mucho amor, ha sabido impulsarme hacia adelante en los momentos difíciles cuando más los necesite, en especial a mis hijos Diego y Vinicio.

A mis padres Rubén y Fanny por su constante apoyo en el camino de la vida y a mis hermanos Ma. José, Edgar y Mateo quienes con cariño estuvieron acompañándome en el transcurso de mi vivir.

DIEGO VINICIO

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a Dios que con su amor y sabiduría me ha permitido llegar a este momento.

Un agradecimiento especial al Ing. Luis Bustamante Egas por toda la colaboración brindada para el desarrollo del presente documento y que sin su ayuda no hubiese sido posible la realización del presente trabajo.

Al director de tesis, Msc. Ing. Juan Pablo Bermeo M. por sus valiosos conocimientos, utilizados de manera oportuna para orientar el desarrollo de la tesis.

A la empresa TERACOM S.A. quien me brindó su confianza y facilidades, con el fin de desarrollar de manera oportuna el estudio de factibilidad en ella.

EL AUTOR

CERTIFICACION

Ing. Luis Bustamante Egas.

Gerente TERACOM S.A.

CERTIFICA

Que el **ESTUDIO Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA QUE CONTENGA LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA BRINDAR SERVICIOS TRIPLE PLAY A NIVEL LOCAL EN LA EMPRESA PRIVADA “TERACOM S.A.” UBICADA EN PASAJE PROVINCIA DE EL ORO**, cuya autoría es del Señor Diego Vinicio Bermeo Tenorio, fue realizado con la autorización por parte de TERACOM S.A. de quien suscribe, Ing. Luis Bustamante Egas.

La tesis cumple satisfactoriamente los objetivos propuestos por la empresa.

Cuenca, 4 de Enero del 2010

Ing. Luis Bustamante Egas.

ÍNDICE

1	INTRODUCCION A LAS TECNOLOGIAS DE RED.....	1
1.1	DEFINICIÓN DE RED.....	1
1.1.1	REDES ANALOGICAS	2
1.1.2	REDES DIGITALES	3
1.1.3	REDES DE CONMUTACION DE CIRCUITOS	5
1.1.3.1	Encaminamiento de las redes.....	8
1.1.4	REDES DE CONMUTACION DE PAQUETES	8
1.1.4.1	Técnicas de Conmutación.....	9
1.1.4.2	Redes Según su Cobertura Geográfica	12
1.1.5	REDES LAN.....	12
1.1.6	REDES MAN.....	13
1.1.7	REDES WAN	14
1.2	TOPOLOGÍAS DE REDES.....	14
1.2.1	CONFIGURACIÓN EN ESTRELLA	14
1.2.2	CONFIGURACIÓN EN MALLA	15
1.2.3	CONFIGURACIÓN EN BUS	16
1.2.4	CONFIGURACIÓN EN ANILLO	18
1.2.5	CONFIGURACIÓN EN ÁRBOL.....	19

1.3	PROTOCOLOS Y ARQUITECTURA.....	20
1.3.1	FUNCIONES	21
1.4	ESTANDARIZACIÓN DE REDES	26
1.4.1	EL MODELO OSI	26
1.4.1.1	CAPAS DEL MODELO OSI	27
1.4.2	ARQUITECTURA TCP/IP.	30
1.4.2.1	CAPAS DE LA ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS TCP/IP	30
1.4.2.2	FUNCIONAMIENTO DE LOS PROTOCOLOS TCP E IP.....	31
2	MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	35
2.1	CLASIFICACION	35
2.1.1	CABLE DE COBRE.....	35
2.1.2	CABLE COAXIAL.....	36
2.1.3	FIBRA ÓPTICA	37
2.2	TECNOLOGIAS DE ACCESO A LA RED	39
2.2.1	RED TELEFÓNICA BÁSICA (RTB).....	39
2.2.2	RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI)	41
2.2.3	XDSL (X DIGITAL SUBSCRIBER LINE).....	44
2.2.3.1	ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).....	44
2.2.3.2	HDSL (Hight Data Rate Digital Subscriber Line).....	48

2.2.3.3	SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line).....	50
2.2.3.4	VDSL (Very High Rate Digital Subscriber Line)	50
2.3	TECNOLOGÍAS DE CONECTIVIDAD	52
2.3.1	FRAME RELAY.....	52
2.3.2	ATM (ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE)	53
2.3.3	SONET (SYNCHRONOUS OPTICAL NETWORK).	58
2.3.4	JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SDH)	59
2.4	REDES LAN.....	62
2.4.1	ESTÁNDARES EN LAN	62
2.4.1.1	Ethernet.....	62
2.4.1.2	Fast Ethemet	69
2.4.1.3	Interfaz de Datos Distribuida por Fibra (FDDI)	70
2.4.1.4	Gigabit Ethernet.....	72
3	INTRODUCCIÓN	73
3.1	ANÁLISIS DEL CABLE OPERADOR LOCAL.....	74
3.2	FORMATO 1	76
3.3	FORMATO 3	77
3.4	FORMATO 3.1	109
3.5	RESUMEN DE EQUIPOS	111

3.5.1	ANTENAS PARABÓLICAS	111
3.5.2	MODULADORES	112
3.5.3	DEMODULADORES	112
3.5.4	RECEPTORES SATELITALES	113
3.5.5	AMPLIFICADORES	113
3.5.6	COMBINADORES	114
4	INTRODUCCION	115
4.1	MODELO DE REFERENCIA	116
4.1.1	EN MERCADOS EN EXPANSIÓN	116
4.1.2	EN MERCADOS CONSOLIDADOS	117
4.2	ARQUITECTURA DE RED NGN	117
4.2.1	DEFINICIÓN DE NGN	117
4.2.2	REQUISITOS FUNDAMENTALES	118
4.2.3	ELEMENTOS DESTACADOS DEL CONCEPTO NGN	119
4.2.4	CALIDAD DE SERVICIO	119
4.2.5	EL ESTÁNDAR MPLS	120
4.2.6	MULTICAST	121
4.2.7	FIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD	122
4.2.8	EL PROTOCOLO IPV6	123

4.3	CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LA NGN.....	123
4.4	ESTÁNDARES DE HFC (CATV).	125
4.5	ESTUDIO DEL ESTÁNDAR DOCSIS	126
4.5.1	DOCSIS (DATA OVER CABLE SERVICE INTERFACE SPECIFICATIONS)	126
4.5.2	FRECUENCIAS EMPLEADAS POR DOCSIS	127
4.5.3	TÉCNICAS DE MODULACIÓN PERMITIDAS EN DOCSIS	127
4.5.4	ANCHOS DE BANDA SOPORTADOS POR DOCSIS	128
4.5.5	TASA DE TRANSFERENCIA DE LOS CANALES ASCENDENTES Y DESCENDENTES	128
4.5.6	CHANNEL BONDING (COMBINACIÓN DE CANALES)	130
4.5.7	BENEFICIOS DE DOCSIS	130
4.5.8	CALIDAD DE SERVICIO EN DOCSIS (QOS).....	130
4.6	IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS SERVICIOS SOBRE DOCSIS	131
4.6.1	TELEFONÍA E INTERNET CON PACKETCABLE Y DOCSIS.....	132
4.6.1.1	TELEFONÍA	132
4.6.1.2	INTERNET DE BANDA ANCHA	134
4.6.1.3	TELEVISIÓN IP CON DOCSIS Y OPENCABLE	137
5	INTRODUCCIÓN A LA FIBRA OPTICA.....	141

5.1	ANTECEDENTES DE LA FIBRA ÓPTICA.....	142
5.1.1	DEFINICIÓN.....	144
5.1.2	APLICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA.....	146
5.1.3	VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	147
5.1.4	INCONVENIENTES DE LA FIBRA ÓPTICA	148
5.2	CLASIFICACIÓN	148
5.3	FUNDAMENTOS PARA EL ESTUDIO DE LA FIBRA ÓPTICA	151
5.3.1	ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	151
5.3.2	TEORÍA DE LA ÓPTICA RADIAL Y GEOMÉTRICA.....	153
5.3.2.1	Reflexión.....	155
5.3.2.2	Refracción.....	155
5.3.2.3	Reflexión Interna Total.....	156
5.3.2.4	Ángulo Crítico	157
5.3.2.5	Apertura Numérica	157
5.4	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.....	158
5.4.1	PARÁMETROS DE UNA FIBRA ÓPTICA.....	159
5.4.2	FABRICACIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO.....	160
5.4.3	OTRAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FIBRA ÓPTICA	162
6	INTRODUCCIÓN	164

6.1	REDES CATV (COMMUNITY ANTENNA TELEVISION).....	165
6.2	REDES HFC (HYBRID FIBER-COAXIAL).....	166
6.2.1	ARQUITECTURA DE UNA RED HFC.....	167
6.2.2	REDES DE ACCESO.....	168
6.3	COMPONENTES DE UNA RED HFC	169
6.4	ANALISIS GENERAL DE LA SITUACION ACTUAL DE LA RED.....	171
6.4.1	RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA.....	172
6.4.2	SERVICIO OFRECIDO	172
6.4.3	CLIENTES ACTUALES	173
6.4.4	SERVICIOS QUE DESEA OFRECER.....	173
6.5	EQUIPOS NECESARIOS PARA LA CONSTITUCION DE UNA RED HFC.....	174
6.6	ESTRATEGIA DE ARQUITECTURA DE RED PARA LA OPERADORA DE CATV TERACOM S.A.....	187
6.7	PROYECCION DE LA DEMANDA	187
6.7.1	CAPACIDAD REQUERIDA PARA EL SERVICIO DE INTERNET ..	191
6.7.2	CAPACIDAD REQUERIDA PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA	198
6.7.3	CAPACIDAD REQUERIDA PARA EL SERVICIO DE IPTV	205
6.8	DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE TERACOM S.A. A LA RED HIBRIDA FIBRA ÓPTICA-COAXIAL HFC.....	210

6.8.1	DISEÑO DE LA RED TRONCAL ÓPTICA	210
6.8.2	CÁLCULO DE ENLACE FIBRA ÓPTICA	214
6.8.2.1	Cálculo de Atenuación.....	215
6.9	EQUIPOS DE USUARIO.....	221
6.9.1	SET-TOP-BOX	221
6.9.2	ADAPTADOR TERMINAL MULTIMEDIA MTA.....	222
6.9.3	CABLE MODEM	222
6.10	ELEMENTOS DE LA RED DE ACCESO	223
6.10.1	NODOS OPTICOS	223
6.10.2	AMPLIFICADORES RF	223
6.10.3	EQUIPOS EN CABECERA	224
6.10.3.1	Cable Modem Termination System (CMTS).....	224
6.10.3.2	SERVIDOR DE POLITICAS.....	225
6.10.3.3	SOFTSWITCH	225
6.10.3.4	TRASMISORES OPTICOS	226
6.10.3.5	RECEPTORES OPTICOS.....	226
6.11	ANALISIS FINANCIERO	227
6.11.1	EQUIPOS:.....	227
6.12	ALTERNATIVA DE RESPALDO.....	233

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	235
BIBLIOGRAFÍA.....	241

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1-1 Red de Conmutación Simple.....	4
Figura 1-2 Enlaces entre Estaciones	6
Figura 1-3 Elemento que conforman un modo de conmutación de circuitos	7
Figura 1-4 Encaminamiento de paquetes	9
Figura 1-5 Configuración en Estrella.....	14
Figura 1-6 Configuración en Malla.....	16
Figura 1-7 Configuración en Bus.....	17
Figura 1-8 Configuración en Anillo.....	18
Figura 1-9 Configuración en Árbol.....	19
Figura 1-10 Unidades de Datos de los Protocolos	22
Figura 1-11 Transferencia de Datos.....	23
Figura 1-12 Representación del Modelo OSI.....	27
Figura 1-13 Representación del Modelo OSI utilizando un Router.....	29

Figura 1-14 Representación del Protocolo TCP/IP	32
Figura 1-15 Proceso de Operación del Protocolo TCP/IP	33
Figura 1-16 Secuencia de inclusión de cabeceras del Protocolo TCP/IP.....	34

CAPÍTULO 2

Figura 2-1 Cable de Pares Trenzados.....	36
Figura 2-2 Cable Coaxial	37
Figura 2-3 Conjunto de Fibras Ópticas	38
Figura 2-4 Esquema de ADSL	45
Figura 2-5 Arquitectura VDSL	50
Figura 2-6 Transceiver Ethernet 10 base 2	64
Figura 2-7 Tarjeta de Red	65

CAPÍTULO 3

Figura 3-1 Esquema de la red Coaxial de "TERACOM S.A."	78
Figura 3-2 Localización de "TERACOM S.A."	83

CAPÍTULO 4

Figura 4-1 Modelo Conceptual de NGN.....	118
Figura 4-2 Multicast.....	121
Figura 4-3 Duplicidad de los elementos de red.....	123
Figura 4-4 Diagrama de Capas.....	124

CAPÍTULO 5

Figura 5-1 Constitución de la Fibra Óptica.....	144
Figura 5-2 Constitución de los Tipos de Fibra Óptica	150
Figura 5-3 Espectro Electromagnético.....	152
Figura 5-4 Atenuación vs. Longitud de Onda	153
Figura 5-5 a) Fibra Óptica sin revestimiento, b) Fibra Óptica con revestimiento	153
Figura 5-6 Reflexión y Refracción de un rayo de luz en la frontera de dos materiales .	154
Figura 5-7 Ley de Reflexión	155
Figura 5-8 Ley de Snell.....	156
Figura 5-9 Reflexión Interna Total	157
Figura 5-10 Apertura Numérica	158
Figura 5-11 Etapa uno de fabricación de una fibra óptica	161
Figura 5-12 Etapa dos de fabricación de una fibra óptica.....	161
Figura 5-13 Etapa tres de fabricación de una fibra óptica	162
Figura 5-14 Coberturas más resistentes	163

CAPÍTULO 6

Figura 6-1 Constitución de una Red CATV	166
Figura 6-2 Arquitectura HFC (Híbrida Fibra-Coaxial).....	167
Figura 6-3 (a) Fibra hasta el hogar, (b) Fibra hasta la acera, (c) Fibra hasta el nodo	168

Figura 6-4 Red troncal a dos niveles.....	170
Figura 6-5 Diagrama de bloques de la Cabecera o Head End.....	175
Figura 6-6 Transmisor Óptico.....	178
Figura 6-7 Conversor Óptico a Radio Frecuencia.....	182
Figura 6-8 Nodo Óptico.	183
Figura 6-9 Proyección del # de Usuarios de TERACOM S.A. para el servicio de TV Cable.	191
Figura 6-10 Proyección del # de Usuarios de TERACOM S.A. para el servicio de internet.....	196
Figura 6-11 Cálculo del # de canales de TERACOM S.A. necesarios para el servicio de telefonía.....	200
Figura 6-12 Proyección del # de Usuarios de TERACOM S.A. para el servicio de telefonía.....	203
Figura 6-13 Cálculo del # de canales de TERACOM S.A. necesarios para brindar el servicio de telefonía (10 años).	204
Figura 6-14 Esquema simplificado de la red Troncal de Fibra Óptica TERACOM S.A.	211
Figura 6-15 Esquema simplificado de la red Troncal de Fibra Óptica	213
Figura 6-16 Red de acceso para Triple Play sobre HFC de TERACOM S.A. para el servicio de TV, telefonía e internet.	227

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1-1 Ventajas y desventajas de las Redes de conmutación de Circuitos10

Tabla 1-2 Ventajas y desventajas de las Redes de conmutación de Paquetes11

CAPÍTULO 2

Tabla 2-1 Tasas de bajada de VDSL.....51

Tabla 2-2 Tasas de Datos59

CAPÍTULO 3

Tabla 3-1 Características de las Antenas84

Tabla 3-2 Lista de Receptores.....85

Tabla 3-3 Cantidad Total de Moduladores.....87

Tabla 3-4 Cantidad Total de Combinadores89

Tabla 3-5 Cantidad total de Cable Coaxial RG 500.....90

Tabla 3-6 Cantidad total de Cable Coaxial RG 11.....90

Tabla 3-7 Parámetros del Cálculo103

Tabla 3-8 Potencia del Amplificador104

Tabla 3-9 Cálculo de Atenuación Total104

Tabla 3-10 Potencia de Recepción.....104

Tabla 3-11 Potencia en el último Tap105

Tabla 3-12 Cálculo de Atenuación Total	105
Tabla 3-13 Potencia de Recepción del usuario	105
Tabla 3-14 Programación de "TERACOM S.A."	108
Tabla 3-15 Antenas Parabólicas.....	112
Tabla 3-16 Moduladores	112
Tabla 3-17 Demoduladores	112
Tabla 3-18 Receptores Satelitales	113
Tabla 3-19 Amplificadores	114
Tabla 3-20 Combinadores	114

CAPÍTULO 4

Tabla 4-1 Rangos de Frecuencia DOCSIS.....	127
Tabla 4-2 Técnicas de modulación permitidas por DOCSIS	128
Tabla 4-3 Transferencia de datos en el canal de subida.....	129
Tabla 4-4 Transferencia de datos en el canal de bajada.....	129

CAPÍTULO 5

Tabla 5-1 Características de los Tipos de Fibra Óptica	151
--	-----

CAPÍTULO 6

Tabla 6-1 Características técnicas de un Transmisor Óptico.....	179
Tabla 6-2 Características Técnicas Fibra Óptica CommScope.....	180

Tabla 6-3 Características técnicas de un Receptor Óptico.....	181
Tabla 6-4 Características técnicas de un Nodo Óptico	182
Tabla 6-5 Características técnicas Cable Coaxial RG 500 CommScope.....	184
Tabla 6-6 Características técnicas Cable Coaxial RG 6 CommScope.....	186
Tabla 6-7 Proyección de usuarios del servicio de Internet en Pasaje	192
Tabla 6-8 Capacidades necesarias con compresión	193
Tabla 6-9 Proyección de usuarios del servicio de Internet en Pasaje (10 años).	197
Tabla 6-10 Capacidades necesarias con compresión	197
Tabla 6-11 Índice de penetración para usuarios de IPTV	206
Tabla 6-12 Capacidades necesarias para señales de video y audio.....	207
Tabla 6-13 Cálculo de perdidas en el nivel de señal de downstream.....	219
Tabla 6-14 Cálculo de perdidas en el nivel de señal de upstream	220
Tabla 6-15 Equipos necesarios para brindar servicios de telefonía e internet	228
Tabla 6-16 Cantidad de Fibra óptica a utilizarse en la red de TERACOM S.A.	229
Tabla 6-17 Equipos necesarios para la implementación de la red de TERACOM S.A.	230
Tabla 6-18 Resumen de Equipos TERACOM S.A.....	230
Tabla 6-19 Costos de Servicios a implementar en TERACOM S.A.	231
Tabla 6-20 Cálculo del análisis financiero (VAN y TIR).....	232

CAPITULO 1

1 INTRODUCCION A LAS TECNOLOGIAS DE RED

1.1 DEFINICIÓN DE RED

Podemos definir como una red de comunicaciones al conjunto de equipos técnicos con los cuales podemos brindar servicios de enlaces a larga distancia. Estos equipos están instalados y organizados de manera que la comunicación sea eficaz y constante.

Para poder entender mejor una red, se deben tener presente algunos términos importantes que están presentes dentro de un enlace.

En general, definimos a un Equipo Terminal de Datos como ETD, el cual es capaz de procesar la información y al mismo tiempo transmitir/recibir. Todo esto lo realizan a través de los denominados circuitos de control (CC), que cumplen el papel de controlador de comunicaciones los cuales podrán ser internos o externos a la unidad de procesamiento.

Ahora definimos a un Equipo de Terminación del Circuito de Datos como ETCD, que funciona como interfaz entre el controlador de comunicaciones y el medio físico que actuará como enlace.

Para estudiar las redes, se pueden hacer distintos enfoques, según las características que se analizan, y cada una de éstas da lugar a uno, o varios tipos de red específicos. Las redes pueden ser analógicas o digitales, según la naturaleza de las señales que transportan, o sea las características se confieren según la señal de datos y mas no al enlace.

En algunos casos se puede usar una red analógica para fines digitales y viceversa; de todos modos los enlaces son aptos para el transporte de los datos.

Ahora bien, según la naturaleza de las señales que se transportan en las redes, pueden llamarse analógicas o digitales. Se debe tener presente que las características de analógica o digital deben concederse a la señal de datos más no al enlace.

De todos modos los enlaces aptos para el transporte de señales digitales tienen algunas características físicas inherentes al material y particularidades muy distintas a los usados para transportar señales analógicas.

1.1.1 REDES ANALOGICAS

Como su nombre lo indica, son las redes que son diseñadas y equipadas para el transporte de señales analógicas, o sea las señales en las cuales varían su amplitud y frecuencia; mientras que el ancho de banda es el rango de frecuencias en donde puede estar la información.

Se considera que la unidad utilizada para medir la frecuencia es el hertz (Hz) o ciclo por segundo; ya que es importante manifestar que para determinar la calidad de la información se utiliza la relación señal a ruido (SNR¹) que es directamente proporcional a dicho valor, ya que mientras mayor sea el SNR, mayor será la calidad de la señal; se debe tener muy presente que dicha señal principal se va degradando mientras mayor ruido se introduzca.

Uno de los mayores ejemplos que podemos citar, son las redes telefónicas, que fueron diseñadas específicamente para la transmisión de voz hace varios años atrás; una de las ventajas debido a que es una red que se encuentra difundida mundialmente (ya instalada), resulta económica frente a la implementación de nuevas redes digitales.

¹ SNR Signal Noise Relation relación señal ruido

1.1.2 REDES DIGITALES

Las redes diseñadas y equipadas para el transporte de señales digitales, reciben el nombre de redes digitales; la necesidad de transmitir digitalmente mensajes codificados dio paso a que surjan hoy en día.

Al parecer la tendencia actual es la digitalización de transmisión y conmutación en las redes, por ventajas tan claras como la simplicidad de diseño, facilidad de construcción de circuitos integrados, la posibilidad de regenerar las señales sin necesidad de amplificación, además de la minimización del ruido y la interferencia así como la capacidad para transportar concurrentemente y eficientemente voz, imagen y texto.

Para citar un ejemplo, en la actualidad los requerimientos de comunicación actuales, junto a las nuevas tecnologías, han hecho posible la existencia de Redes Digitales de Servicios Integrados RDSI o ISDN (Integrated Switched Data Network).

Podemos encontrar también mayores aplicaciones como la telefonía digital, el fax, el transporte de datos, correo electrónico, televisión, alarmas, telemedición y control. Además la tecnología de las centrales de conmutación, esta totalmente controlada por computadoras. Todo esto ha permitido que estas redes ganen paulatinamente mercado, al bajar sus costos y aumentar su confiabilidad, mejorando sus prestaciones.

Existen estándares en las redes digitales, sobresaliendo T1 que es un estándar de EEUU de 1,5 Mbps mientras que E1 es un estándar Europeo de 2 Mbps. Como ya conocemos en nuestro país se utiliza estándar E1. Son redes digitales conocidas como de alta velocidad y que hoy funcionan como plataformas básicas para transportes de mayores prestaciones.

La información analógica como digital, puede transportarse sobre redes de circuitos o redes de paquetes; el objetivo de todo enlace a larga distancia, es mantener una

transmisión de datos desde el origen hacia el destino a través de una red en la cual existen nodos de conmutación.

Al ser los nodos de conmutación dispositivos a los cuales no les interesa el contenido de la información, sino más bien dar un servicio de conmutación el cual nos permita intercambiar datos entre otros nodos y poder llegar al destino final. A continuación en la Figura 1-1 se presenta una red de conmutación simple.

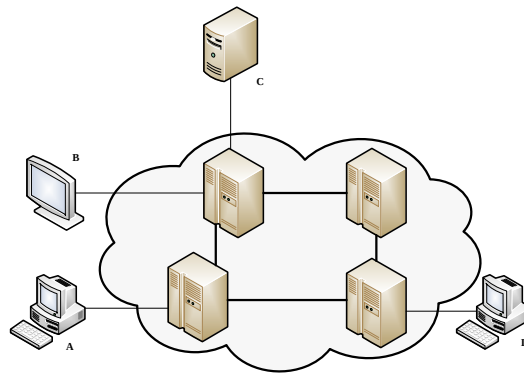


Figura 1-1 Red de Conmutación Simple

Fuente: El autor

Los dispositivos finales (computadoras, teléfonos, etc.) reciben el nombre de estaciones, mientras que a los dispositivos de conmutación se les denomina nodos; dependiendo de cómo se conecten los nodos entre si, se forma una determinada red de comunicaciones con una topología determinada.

Se deben tener algunas consideraciones acerca de las redes de comunicación:

- Teniendo en cuenta de que los nodos tienen como objetivo la comunicación interna de los datos, existen dos maneras de conectar los nodos, ya sea nodo-nodo o también nodo-nodos.
- Generalmente se usa dos técnicas de multiplexación, FDM (Multiplexación por División de Frecuencias) o TDM (Multiplexación por División de Tiempo).

- Al no existir un enlace directo entre pares de nodos, se dice que la red no está completamente conectada, pero siempre se tiene más de un camino para llegar al destino final, aumentando de esta manera la fiabilidad y seguridad de la red.

1.1.3 REDES DE CONMUTACION DE CIRCUITOS

La comunicación entre dos estaciones se realiza mediante un canal, que es consecuencia de los enlaces entre los nodos que existen en la red; a este se le conoce como canal lógico que se obtiene mediante tres pasos.

Establecimiento del circuito.- En esta fase se realiza un circuito extremo a extremo en toda la red, mediante los nodos de conmutación los cuales se enlazan (dependiendo de la información de encaminamiento y la disponibilidad que exista entre ellos) de manera que exista un canal lógico entre estaciones. Para verificar si se acepta la comunicación o si la estación final esta ocupada, se realiza un test aceptación.

Transferencia de datos.- Una vez que se establece el enlace entre estaciones se puede transmitir la información mediante una conexión full dúplex; los datos que se envíen pueden ser analógicos o digitales, todo esto dependiendo de la naturaleza de la red.

Desconexión del circuito.- Esta fase puede ser realizada por cualquiera de las estaciones las cuales se encuentran enlazadas, la transmisión de datos finaliza con la desconexión de los nodos implicados.

Se considera entonces, que el canal ya se establece para que la información comience a recorrer por el camino que escogieron los nodos para sostener la transmisión. La velocidad de transmisión entre estaciones, es relativamente fija, ya que los retardos entre enlaces de nodos llegan a ser despreciables. De esta manera se desarrollaron este tipo de redes exclusivamente para el tráfico de voz; y posteriormente se las usaron para la transmisión de datos.

En la Figura 1-2 se muestra como los abonados se encuentran conectados directamente a una central final, que se encarga de dar tráfico a los abonados entre sí y también estar en contacto con las centrales de larga distancia que conmutan y encaminan el tráfico entre las centrales finales. Ahora bien, si se desea enlazar la estación uno con la estación dos, la central final A va a establecer un circuito lógico entre ellas y lo mantendrá mientras dure la conexión. Y si deseamos enlazar la estación tres con la estación cuatro, la central final A concatenará con la central final B, mediante una central de larga distancia; todo esto con tal de mantener un enlace transparente entre estaciones.

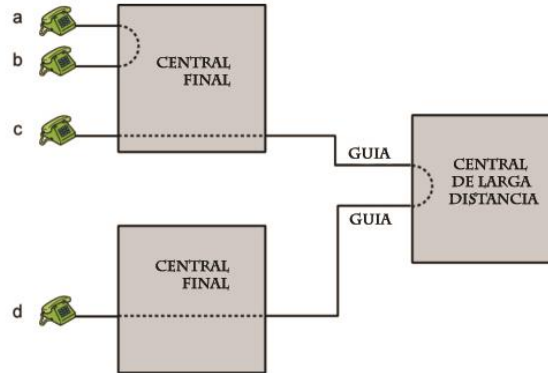


Figura 1-2 Enlaces entre Estaciones

Fuente: STALLINS, William, *Comunicaciones y Redes de Computadoras*, 6 Edición, 2000

Para comprender al respecto de cómo funcionan los nodos de conmutación de circuitos se muestra en la Figura 1-3 cada una de los elementos que lo conforman; de esta manera explicamos a continuación que función realiza cada uno de las partes.

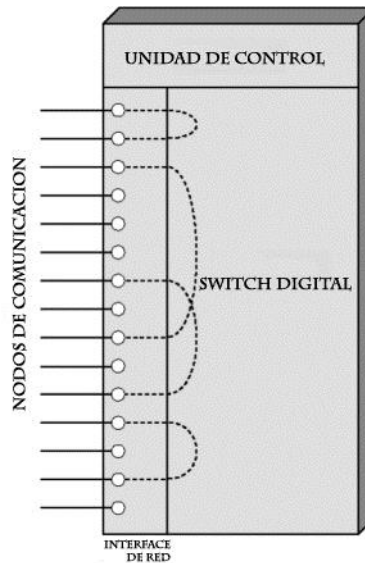


Figura 1-3 Elemento que conforman un modo de conmutación de circuitos

Fuente: STALLINS, William, *Comunicaciones y Redes de Computadoras*, 6 Edición, 2000

Conmutador Digital (Digital Switch).- Es el encargado de realizar un enlace directo (full duplex) mediante un circuito lógico, entre estaciones que se encuentren conectadas al nodo.

Interfaz de Red (Network Interface).- Como su nombre lo indica es el encargado de conectar las estaciones (teléfonos, los dispositivos de datos, etc.) entre si.

Unidad de Control (Control Unit).- Este elemento realiza tres tareas importantes como: establecer conexiones, mantener conexiones y por último permite liberar la conexión.

Para realizar la primera tarea, transcurren varios pasos en los cuales se encuentran la confirmación de la petición, verificación del destino (si esta libre o no) y levantar la ruta de dicho enlace; todo esto bajo demanda de algún dispositivo.

1.1.3.1 Encaminamiento de las redes

Al hablar al respecto del trámite de encaminamiento, que realizan esa gran cantidad de dispositivos, los cuales forman parte de la red se traduce en dos efectos necesarios de mencionarlos como son la eficiencia y la flexibilidad.

El término eficiencia viene relacionado con el hecho, de que la red debe ser capaz de soportar toda la carga de tráfico que se espera en las llamadas “horas pico”, claro está que se desea manejar esta carga con la menor cantidad de equipos posibles. En cuanto a la flexibilidad lo que se trata de mantener es un nivel deseable de servicio, aún en las peores adversidades.

1.1.4 REDES DE CONMUTACION DE PAQUETES

Después de un largo periodo en el cual se usaron redes de conmutación de circuitos para el tráfico de voz, se presentaron inconvenientes, principalmente la ineficiencia en las conexiones de datos, trajeron consigo considerar la conmutación de paquetes como alternativa de solución, ya que si un usuario desea enviar un mensaje de una considerada longitud, éste se segmenta en pequeños paquetes, los cuales contienen la información de control necesaria para que la red pueda gestionar de manera más eficaz su destino deseado.

En la Figura 1-4, se presenta la manera como se encaminan los paquetes mediante la información que está presente en las cabeceras de los mismos; los paquetes se forman en una cola para transmitirse tan rápidamente hacia el destino.

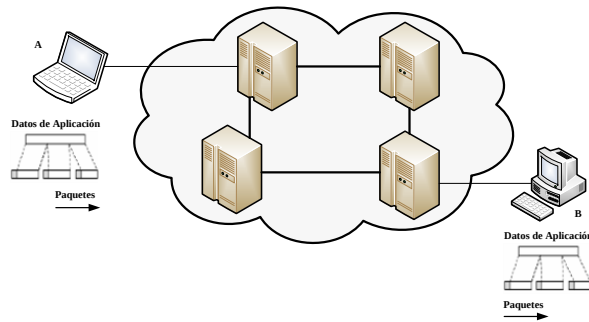


Figura 1-4 Encaminamiento de paquetes

Fuente: El autor

Lo que se presenta en la figura anterior es como se fragmenta el mensaje o los datos que se desea transferir de una estación a otra estación; para enviar el mismo en una red de conmutación de paquetes. Cada paquete tendrá información de control, la cual determina el destino deseado; en cada nodo que se forma como ruta, lo que se realiza es recibir el paquete, almacenarlo temporalmente y posterior a esto, enviarlo al siguiente nodo.

1.1.4.1 Técnicas de Conmutación

Para encaminar correctamente los paquetes que se forman al realizar una comunicación, necesitamos describir que existen dos sucesos, que realizan las gestiones con las cuales las redes llegan a su destino final. Se usan en la actualidad los datagramas y los circuitos virtuales.

Datagramas.- En esta técnica lo que se realiza es fragmentar al mensaje o los datos que se van a transmitir, ahora cada paquete va a ser tratado de forma independiente dentro del encaminamiento en la red, todo dependerá de los nodos de conmutación, los cuales deciden, según la disponibilidad de los siguientes nodos, a cuál de éstos enviar con el fin de llegar a su destino final; esto trae como consecuencia que los paquetes que se reciban en la otra estación puedan estar desordenados. De esta manera la estación final deberá

reordenar los paquetes, así como detectar si llegaron todas las partes del mensaje y si no es así, encontrar la forma de recuperarlas.

Circuito Virtual.- En cambio en esta técnica, lo que se realiza es definir una ruta previa para el envío de los paquetes al destino final; para establecer el camino lo que se realiza es enviar paquetes de control solicitando al siguiente nodo una conexión lógica entre ellos, este paquete se llama “call request” o petición de llamada. Cuando el destino final haya recibido este paquete, envía otro paquete de aceptación llamado “call accept” o llamada aceptada, a la estación inicial, de esta forma se transmiten los paquetes en forma ordenada y sin errores. Para terminar la comunicación entre las terminales, una de ellas envía un paquete llamado “clear request” o petición de liberar.

	REDES DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS
VENTAJAS	• Posee los retardos establecidos necesarios. • Garantiza la entrega continua de la información.
DESVENTAJAS	• Resulta muy ineficaz para el tráfico a ráfagas. • Los circuitos no se utilizan cuando la sesión está desocupada (vacía). • La conmutación de circuitos se realiza con una cadena de velocidad establecida de 64 Kbps. • Es improbable que soporte velocidades variables de datos.

Tabla 1-1 Ventajas y desventajas de las Redes de conmutación de Circuitos

Fuente: El autor

	TECNICA	REDES DE CONMUTACION DE PAQUETES
VENTAJAS	CIRCUITOS VIRTUALES	• Las estaciones establecen la ruta (circuitos virtuales), antes que ocurra la transferencia de datos. • Los diferentes nodos que existen en la red, no deben de tomar decisiones de encaminamiento para cada paquete sino que se toman una sola vez para todos en el circuito virtual. • Brindan servicios como el control de errores principalmente, a más del de orden secuencial. • En si los paquetes viajan más rápido debido a que no se toman decisiones de encaminamiento.
	DATAGRAMAS	• Puede ser más rápido cuando se trata de enviar mensajes cortos, es decir con pocos paquetes, ya que no se produce un establecimiento de llamada. • Resulta ser más flexible y seguro, debido a que puede manejar una congestión desviando paquetes por otras rutas.
DESVENTAJAS		• Los retardos en los nodos son variables. • La calidad y el servicio (QoS) es baja, ya que si existe una congestión, y los paquetes van por la misma ruta, todos estos se perderán.

Tabla 1-2 Ventajas y desventajas de las Redes de conmutación de Paquetes

Fuente: El autor

1.1.4.2 REDES SEGÚN SU COBERTURA GEOGRAFICA

Uno de los aspectos más estudiados de las redes, son sus características que dependen de la cobertura geográfica que tengan. Para ello se mencionan a continuación redes de distintas magnitudes, llamadas:

Redes de Área Local (LAN, Local Area Network).- Abarcan el área geográfica de un edificio.

Redes de Área Urbana (MAN, Metropolitan Area Network).- Abarcan el área geográfica de una ciudad y generalmente interconectan redes LAN.

Redes de Área Amplia (WAN, Wide Area Network).- Poseen una cobertura más amplia que una ciudad.

1.1.5 REDES LAN

Es una red de comunicaciones cuya área de cobertura geográfica es relativamente pequeña, ya que no excede el ámbito de un edificio. En una red de este tipo los terminales son generalmente computadoras trabajando en modo estación de trabajo o servidor.

Existe para este tipo de redes, dos protocolos muy difundidos llamados Ethernet y Token Ring que utilizan distintos medios de comunicación, como puede ser par trenzado, coaxial, fibra óptica o enlaces inalámbricos. Desarrollan velocidades de transmisión como por ejemplo, 10 Mbps Ethernet, 16 Mbps Token Ring, 100 Mbps Fast Ethernet.

Para poder mejorar la red se utilizan equipos uniendo varios segmentos o interconectando varias LAN. Estos equipos pueden resumirse en:

Repetidor.- Es el encargado de alargar la cobertura de un segmento, amplificando la señal. Pueden ser utilizados, además, como convertidores de medio. El repetidor es un dispositivo sólo de hardware al nivel más bajo de la conexión.

Puente.- Su objetivo es enlazar dos redes de distintos protocolos. Son configurables y generalmente es un dispositivo de hardware más un software.

Ruter o Ruteador.- Su propósito es interconectar muchos segmentos de red y controlar el tráfico en caso de que existan múltiples caminos entre estos segmentos. Aunque estos se encuentren muy distantes.

Se considera entonces que al igual que el puente, el enrutador es un dispositivo con software de administración.

1.1.6 REDES MAN

Son redes en las cuales la cobertura llega a ser urbana, vinculando distintas redes LAN para lograr esto, formando lo que se denomina internet.

A pesar de su concepción inicial, se pueden extender en ciudades grandes a segmentos de 50 kilómetros.

Transportan señales a velocidades, por ejemplo de 100 Mbps mediante FDDI (Interface de Datos Distribuidos por Fibra), utilizando para ello fibra óptica y en una trama de 2 Mbps, usa también coaxial o par trenzado; también se encuentran en conexiones de 64 Kbps y 128 Kbps usando recursos generalmente telefónicos.

Prestan servicios de transporte para interconexión de redes, telefonía con PBX, etc. Pueden ser de conmutación de circuitos o de paquetes con servicios orientados o no a la conexión.

1.1.7 REDES WAN

Son redes llamadas de área extendida o área extensa, ya que encadenan diferentes redes de cobertura menor, por lo que en la práctica son de cobertura ilimitada, Para poder hacerlo, se valen generalmente de todo tipo de vínculos, como satélite y radio enlace, o también de los enlaces tangibles, como pares de cobre, coaxiales y fibras.

1.2 TOPOLOGÍAS DE REDES

Para el diseño de redes de comunicaciones usamos el término topología para referirnos a la disposición de los equipos que están conectados en la red. En general se suelen citar configuraciones básicas o bien las mezclas de las mismas, de manera que las distintas topologías que existen en la actualidad las citaremos a continuación.

1.2.1 CONFIGURACIÓN EN ESTRELLA

Para tener una red configurada en modo estrella lo que se realiza es mantener un nodo central, al cual se encuentran conectados todos los equipos terminales que sean, como podemos ver en la Figura 1-5; de esta manera el nodo principal es el que va actuar como distribuidor de todo el tráfico que exista en las comunicaciones posteriores.

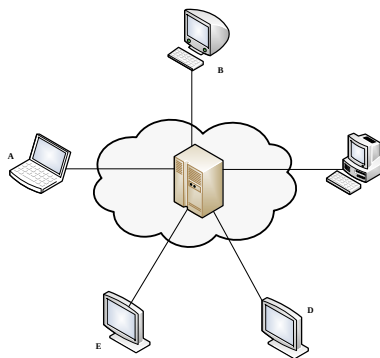


Figura 1-5 Configuración en Estrella

Fuente: El autor

Las principales características que posee esta configuración son:

- Posee una estructura simple y fácil de cablear.
- Permite una comunicación rápida, debido a que tiene una columna común.
- Exige un nodo central de gran capacidad cuando el número de usuarios es elevado.
- Tiene una fiabilidad baja, debido a que depende del nodo central.

Para citar un ejemplo, esta topología es usada en la red telefónica conmutada. Los equipos terminales, en este caso los teléfonos, están conectados en estrella a la central local, hasta con diez mil equipos conectados a la misma central.

Este tipo de configuraciones es muy usada en áreas geográficas concentradas, debido a que los terminales están bien unidas, pero con la particularidad de que también el número de terminales no sea demasiado excesivo.

La gran desventaja de este tipo de topología, es que la reconfiguración de la red puede resultar problemática; en donde es mejor detener el nodo central, ya en ese caso se interrumpe el servicio totalmente.

1.2.2 CONFIGURACIÓN EN MALLA

En este caso, todos los equipos terminales están conectados entre sí, de manera que todos permanecen interconectados de forma permanente, ya que ninguno posee una función especial en cuanto al tráfico; el ejemplo más usual es el de usar esta topología para conectar equipos conmutadores, con el fin de tener más caminos alternativos en caso de que algún nodo falle, concediendo de esta manera mayor robustez a la red (Figura 1-6).

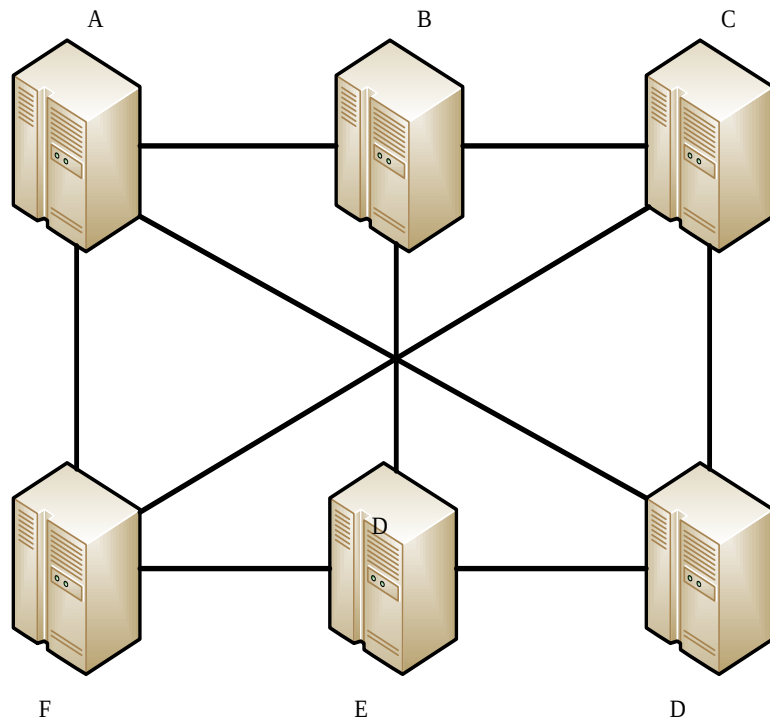


Figura 1-6 Configuración en Malla

Fuente: El autor

Se puede también realizar el llamado mallado parcial, con el fin de eliminar alguno de los enlaces de la malla sin perjudicar la existencia de un camino para llegar a los demás terminales, logrando así reducir los costos de instalación.

1.2.3 CONFIGURACIÓN EN BUS

Para este tipo de configuración, cada uno de los terminales está conectado a un medio de transmisión compartido, llamado bus, en el cual circula toda la información que tiene como destino alguno de los equipos de esa red, como se muestra en la Figura 1-7.

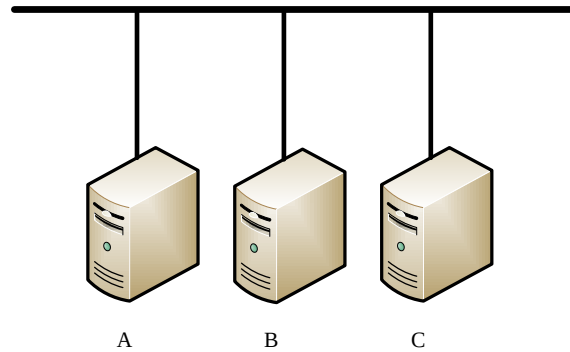


Figura 1-7 Configuración en Bus

Fuente: El autor

Es muy empleado en redes de área local ya que es aconsejable sólo para pocos terminales (ethernet). En este caso la información se distribuye sin el procedimiento de la conmutación, o sea todos los equipos reciben la misma información y cuando el nodo reconoce que un mensaje es para él lo rescata del bus.

A continuación se presenta algunas características como:

- Los mensajes pueden ser transmitidos a todos los nodos a través del bus.
- Existen direcciones de difusión para la transmisión de mensajes.
- El bus es pasivo y se necesita un método de control para acceder al medio de transmisión dado que está compartido por todos los terminales.
- Cada nodo deberá transmitir, recibir y resolver problemas relativos a la colisión de mensajes.

Existe una desventaja muy considerable en esta configuración, debido a que no posee elementos regeneradores de la señal y en consecuencia habrá una degradación de la

señal con la distancia; por esta razón hay una longitud máxima admisible que está limitada al medio de transmisión y a los métodos de acceso al medio compartido.

1.2.4 CONFIGURACIÓN EN ANILLO

Como se nombre lo indica es un tipo de configuración en el cual se trata de formar un círculo o anillo entre todos los terminales, o sea que cada equipo está conectado a los dos que tiene adyacentes, como se presenta en la siguiente Figura 1-8.

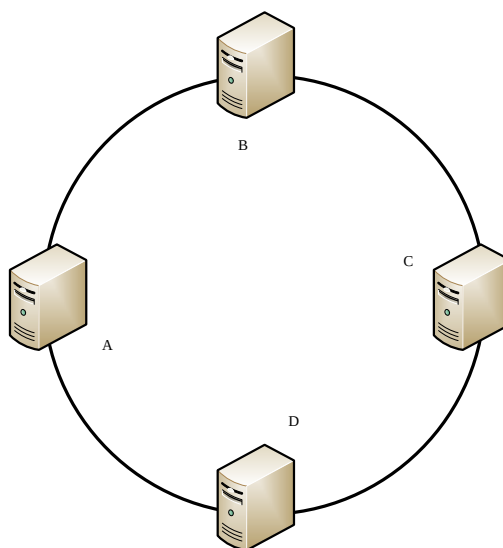


Figura 1-8 Configuración en Anillo

Fuente: El autor

Las formas de operar sobre esta topología son diversas. Ya que si presenta equipos con capacidad de conmutación se puede entender como una malla parcial, a la que le faltan algunos enlaces, como lo mencionamos anteriormente, pero que proporciona dos caminos alternos para llegar al mismo punto, esto brinda más robustez a la red.

Sin embargo en redes de área local, con estaciones de trabajo sin capacidad de conmutación, que se conectan entre sí formando un anillo y utilizando el medio de

transmisión de forma compartida, necesitarán técnicas para acceder al mismo y evitar colisiones.

1.2.5 CONFIGURACIÓN EN ÁRBOL

Para explicar de mejor manera este tipo de configuración procedemos a mostrar la Figura 1-9, en donde se ve claramente que se va formando un árbol en el que cada hoja es un equipo terminal conectado a otro superior por una rama, que es el enlace. Se debe tener presente que un nodo que sirve de raíz para los demás.

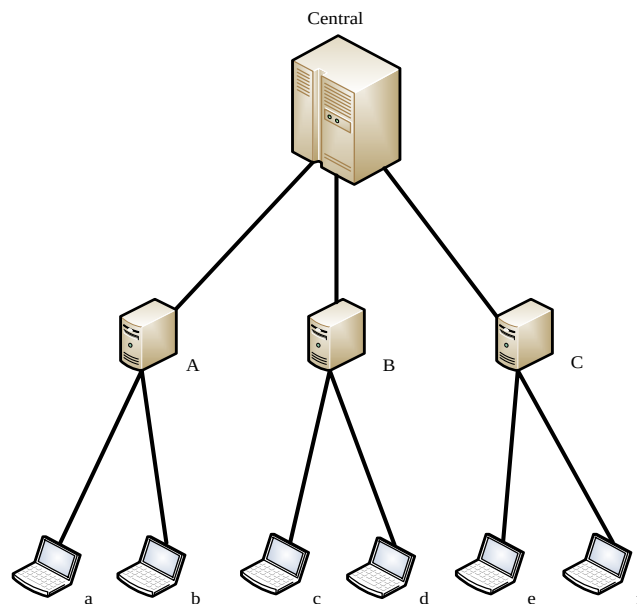


Figura 1-9 Configuración en Árbol

Fuente: El autor

Con esta topología se facilita el encaminamiento por la jerarquización de los terminales. Sin dejar de lado algunos puntos que se convierten en críticos, al existir un único camino para llegar a cada punto. Podría verse también como una red comprendida entre varias pequeñas redes en configuración estrella.

En la actualidad ya no se encontrarán las topologías básicas de una sola forma, si no que habrá mezclas entre ellas. Por ejemplo en una topología en árbol se puede añadir enlaces entre nodos de la misma jerarquía, de forma que se puedan encontrar rutas alternativas en caso de que caiga algún enlace, lo que tratamos con esto es dar más robustez a la red.

1.3 PROTOCOLOS Y ARQUITECTURA

La comunicación entre terminales que poseen un camino punto a punto se realizará directamente, ya que la información de control y los datos, no tendrán un agente activo que los maneje; al utilizar este principio en comunicaciones multipunto, los terminales deberán solucionar el problema del control de acceso, aplicando así determinados protocolos.

Es decir los protocolos son un conjunto de reglas capaces de mantener una comunicación entre los terminales contenidos dentro de un solo sistema.

Se necesitará de aplicar los protocolos en el caso de conectar este sistema en otras redes como las conmutadas; para mantener el intercambio de datos es necesario que todas las partes tengan un correcto funcionamiento. Por ejemplo si existen dos sistemas de comunicaciones que no pertenezcan a la misma red conmutada no se podrá utilizar un solo protocolo directo, ya que estas, estarán unidas a través de otras redes que también usan un debido protocolo para comunicar estos terminales.

La internet es un conjunto de redes interconectadas a la cual se no se puede aplicar un solo protocolo, por lo que se opta por usar técnicas y diseños estructurados de protocolos organizados por capas. Dichas capas también contendrán funciones, las cuales se encontrarían en los niveles inferiores con el fin de servir a las capas de niveles superiores para obtener una arquitectura acorde y adecuada a la comunicación.

En la actualidad existen protocolos estándares bien establecidos, debido a la gran demanda de sistemas por parte de los usuarios, sin que dependan de un solo fabricante.

1.3.1 FUNCIONES

A continuación se deben estudiar algunas funciones bases en distintos protocolos, que a menudo se repetirán en diferentes capas; pero son importantes al momento de usar protocolos de comunicaciones.

Las funciones más relevantes son:

- Encapsulamiento.
- Fragmentación.
- Ensamblado.
- Control de la conexión.
- Control de flujo.
- Control de errores.
- Direccionamiento.
- Multiplexación.
- Servicios de transmisión.

Encapsulamiento.- Se denomina PDU (Protocol Data Unit) a la unión de datos generados por las capas superiores, que incluyen en ellos, información de control, con el fin de poder intercambiar datos entre terminales; al hecho de añadir estos datos de control a la información se le conoce como encapsulamiento, Figura 1-10.

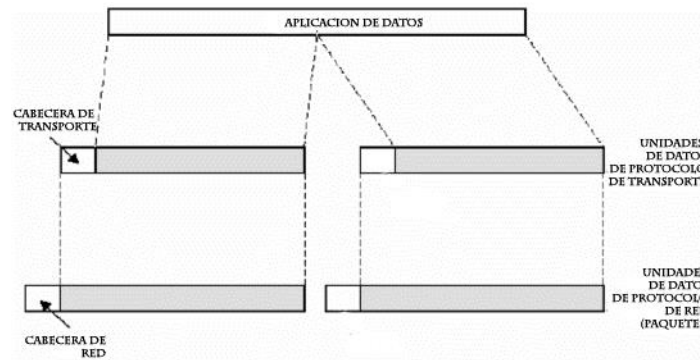


Figura 1-10 Unidades de Datos de los Protocolos

Fuente: STALLINS, William, *Comunicaciones y Redes de Computadoras*, 6 Edición, 2000

La información que se le agrega puede ser de dirección, en la cual se indica emisor y receptor; control de detección de errores con una secuencia de comprobación y control del protocolo para funciones adicionales del mismo.

Fragmentación.- Como los protocolos son los encargados del intercambio de datos entre los terminales, se necesita realizar una cadena de bloques de datos de un determinado tamaño en los niveles inferiores. Dividir los datos en bloques más pequeños es lo que llamamos fragmentación.

La necesidad de fragmentar los datos se debe a la versatilidad que nos presenta determinada red, por ejemplo se puede ser más eficiente en el momento de realizar la detección de errores, cuando el tamaño del PDU es más corto.

Ensamblado.- Este es un proceso contrario a lo que realiza la fragmentación; nos brinda la posibilidad de recuperar los datos de la información, recuperando el formato de los mensajes originales para poder entregarlos en su destino final. Existe un cierto grado de complejidad en esta función cuando se reciben en desorden los PDU.

Control de la conexión.- Esta función cuenta con tres fases fundamentales como son el establecimiento de la conexión, la transferencia de datos y el cierre de la conexión.

En la primera fase lo que realizan las estaciones terminales es ponerse de acuerdo para poder intercambiar datos; enviando una solicitud de conexión por parte de una de ellas; todo esto siguiendo un denominado protocolo, de esta manera se aceptará o negará dicha solicitud, dependiendo la sencillez o complejidad del mismo; mientras que en la segunda fase lo que se realiza es intercambiar los datos, en los cuales también se encuentran los de información de control, para ello se presenta en la Figura 1-11 como se realiza la transferencia de datos.

Para la fase final, cualquiera de las terminales, podrían solicitar que la conexión se termine mediante un cierre de la conexión, de esta manera se acepta y termina todo el proceso.

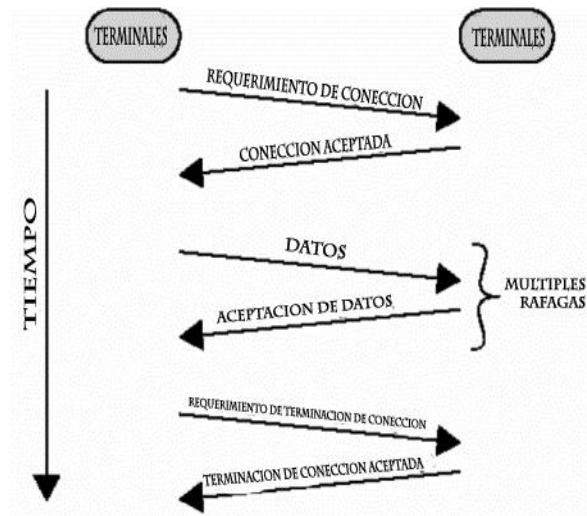


Figura 1-11 Transferencia de Datos

Fuente: STALLINS, William, *Comunicaciones y Redes de Computadoras*, 6 Edición, 2000

Orden en la Entrega.- En los diferentes caminos que pueden seguir los paquetes dentro de una red, existe la posibilidad de que lleguen en forma desordenada; para ello existen los números de secuencia que se colocan en cada PDU, con la finalidad de ordenar la información en la estación final.

Control de flujo.- Al igual que en la función anterior, ésta es realizada por la terminal receptora, con el fin de poder limitar la velocidad con que la terminal emisora envía los datos; existen protocolos eficientemente diseñados para transmitir la información sin esperar la confirmación de llegada de cada paquete.

Control de errores.- Esta técnica se realiza en varios niveles, debido a que se necesita tener una garantía para los datos, de esta manera podemos recuperarlos o cambiar el paquete si existe un deterioro del mismo.

Para ello, lo que se realiza es insertar bits detectores de errores en los paquetes con el fin de que la estación receptora compruebe dichos datos, si están correctos los acepta, sino los descarta y pide reenvío del mismo.

Direccionamiento.- Con lo que respecta al direccionamiento al ser una de las funciones más complejas, se consideran puntos importantes, ya sea dentro del protocolo OSI u otra arquitectura como el nivel del direccionamiento, alcance del direccionamiento, identificar la conexión y modo del direccionamiento.

Para referirnos al nivel de arquitectura en el que se identifica alguna terminal (computador, servidor, router, etc), nos referimos al nivel de direccionamiento, el cual se encuentra asociado a una dirección única que vendrá indicada en la dirección del nivel de red del destino de los paquetes.

Cuando hablamos de dirección IP o dirección de internet, nos referimos a la arquitectura TCP/IP, mientras que en la arquitectura OSI, se denomina punto de acceso al servicio de red (NSAP o Network Service Access Point).

Cuando los datos llegan al destino final, se procesan dentro del sistema, con el objetivo de tener varias aplicaciones a varios usuarios, también en este caso se le asigna un identificador único a cada aplicación y usuario probablemente. Para la arquitectura

TCP/IP se le denomina puerto, mientras que en la arquitectura OSI se llama punto de acceso al servicio (SAP o Service Access Point).

Para hablar del alcance del direccionamiento, nos referimos a direcciones del nivel de red, como la IP o NSAP, que son direcciones globales únicas con aplicabilidad global y sin repetición en los sistemas, de esta manera, los datos se encaminan desde cualquier sistema de origen a cualquier sistema destino.

En la identificación de la conexión, exclusivamente para la transferencia orientada a la conexión, a veces se recurre a colocar un nombre a ella, durante la fase de la transmisión de datos, con el objetivo de reducir encabezados, optimizar el encaminamiento de los paquetes y mantener información del estado de la conexión.

Como último punto nos referimos al modo de direccionamiento, el cual puede ser unidestino, en donde se tiene una dirección única a cada sistema, o también se puede direccionar todas las entidades de un dominio, existiendo la posibilidad de difundir (broadcast) a todas las máquinas mensajes. Puede ser también multidestino (multicast) cuando nos referimos a un subconjunto de entidades.

Multiplexación.- Como sabemos la multiplexación nos permite tener varias conexiones dentro de un solo sistema; pero esta vez, se la utiliza para asignar conexiones de un nivel a otro, es decir para establecer conexiones en el nivel superior, debemos tener un circuito virtual en el nivel de acceso a la red.

Tenemos dos formas de usar la multiplexación, ya sea de forma ascendente y descendente; en el primer caso existen varias conexiones de nivel superior, comparten una única conexión de nivel inferior; mientras que en el segundo caso se establece una conexión de nivel superior, utilizando varias conexiones del nivel inferior.

Servicios de transmisión.- Son los servicios adicionales que los protocolos suelen proporcionar, de los cuales podemos mencionar la prioridad, ya que existen mensajes

que necesitan tener un mínimo retardo como es el caso de los mensajes de control; también mencionamos la calidad del servicio, en donde se garantiza una velocidad mínima y retardos adecuados; no se debe dejar de lado la seguridad teniendo en cuenta los accesos restringidos que existen.

1.4 ESTANDARIZACIÓN DE REDES

La estandarización de redes facilita la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, con el fin de acrecentar la escala de la economía. Por lo que no es aceptable que una sola norma sea suficiente, debido a que las funciones que se realizan al momento de entablar una comunicación son complejas.

Dichas funciones se dividen en distintas tareas, las cuales se deberían organizar como una arquitectura de comunicaciones. Por lo que la arquitectura formaría parte fundamental para normalizar.

El modelo de referencia Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, Open Systems Interconnection), fue establecido en 1984 por la norma ISO (Organización Internacional de Estándares).

1.4.1 EL MODELO OSI

Es un modelo abstracto creado para asistir a la estandarización de las redes de comunicaciones. Lo que se utilizó para ello es la jerarquización por capas, por lo que se distribuyó las funciones, que se realizan en una comunicación con otro sistema, y fueron divididas en capas.

Cada capa depende de la capa inferior, ya que esta última realiza funciones más simples, así de esta manera le brinda servicios a la siguiente capa.

1.4.1.1 CAPAS DEL MODELO OSI

El modelo OSI (Figura 1-12), está constituido por siete capas, las cuales contienen específicamente, cada uno de los servicios que van a brindar. A continuación se presenta un detalle de cada una de ellas.

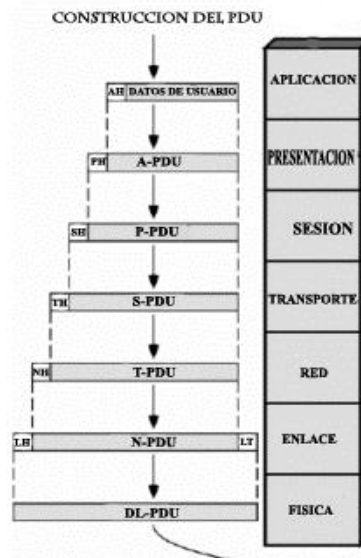


Figura 1-12 Representación del Modelo OSI

Fuente: STALLINS, William, *Comunicaciones y Redes de Computadoras*, 6 Edición, 2000

Capa Física.- Se encarga de la interfaz física entre dos o más dispositivos, así como de la transmisión de la cadena de bits de la información; existen características fundamentales de la interfaz física entre los terminales como por ejemplo las distancias máximas de transmisión, las características físicas de conector, el medio físico de la transmisión (circuitos), las funciones de cada uno de los circuitos, sobre todo la secuencia de eventos que se realizan en el intercambio de los bits.

Existen características eléctricas muy importantes que representan a los bits, como los niveles de voltaje, las velocidades de transmisión de los datos y la sincronización de ellos.

Capa del Enlace de Datos.- Su principal función es de mantener un enlace confiable de los datos a través del enlace físico, proporcionando los medios para activar y desactivar el mismo; de la misma manera lleva a cabo la detección y corrección de errores, debido a que las capas superiores asumen una transmisión limpia, es decir libre de errores. No se deja de lado que lleva a cabo la sincronización y el flujo de las tramas enviadas.

Capa de Red.- Lo que se realiza en esta capa, es brindar conectividad entre dos terminales que se desean comunicar, sin importar el lugar en donde se encuentren los mismos; o sea establece, mantiene y cierra las conexiones, logrando independizar a los niveles superiores en lo que respecta a técnicas de conmutación y transmisión para conectar los sistemas.

Capa de Transporte.- Esta capa se encarga de controlar una comunicación confiable extremo a extremo; optimizando el uso de los servicios de red, mediante características como la tasa máxima de errores o la prioridad de los paquetes.

Cuando obtenemos un servicio orientado a la conexión esta capa nos garantiza entregar datos libres de errores, sin pérdidas de los mismos y en orden (control de flujo de datos).

Capa de Sesión.- Establece los procedimientos necesarios para controlar los enlaces de las aplicaciones entre dos sistemas finales. Además, proporciona servicios como el control del dialogo, que puede ser simultáneo o alternado en los dos sentidos; el agrupamiento y la recuperación de los datos, mediante la retransmisión en el caso de la pérdida de uno de ellos.

Capa de Representación.- En esta capa lo que se realiza es preparar la información, definiendo y efectuando las interpretaciones y conversiones de datos que se van han intercambiar entre las capas de aplicación. Algunos ejemplos de los servicios que brinda dicha capa se encuentra la compresión y descompresión de datos, el encriptado y desencriptado de información protegida o el cifrado de los datos.

Capa de Aplicación.- Como su nombre lo indica, esta capa provee a los programas de aplicación un medio para acceder a los servicios de los usuarios finales, así como las funciones de administración en general. Como ejemplos mencionamos la transferencia de archivos, servicio de correo electrónico, servicio de visualización de páginas WEB, etc.

Ahora supondremos un enlace entre dos entidades finales que se encuentran en sistemas diferentes; debido a que los paquetes de datos pasan a través de uno o más nodos que contenga la red, las tres capas inferiores se implementaron en su arquitectura encargándose de la comunicación y conexión con la red.

Se debe considerar que las funciones de conmutación y encaminamiento se realizan en la capa tres del nodo y que cada capa inferior opera de manera independiente para ofrecer servicios a la capa de red sobre su propio enlace.

Las cuatro capas finales son protocolos entre las entidades finales, es decir son conexiones que se realizan de extremo a extremo. En la Figura 1-13 se presenta al modelo OSI en su forma más sencilla. Este es un modelo útil que se presento como marco de desarrollo y comparación entre las demás redes.

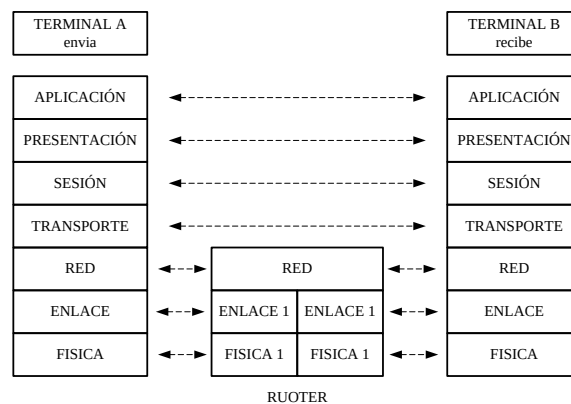


Figura 1-13 Representación del Modelo OSI utilizando un Router

Fuente: El autor

1.4.2 ARQUITECTURA TCP/IP.

En la época de los ochenta, se consideró que el modelo OSI se convertiría en un modelo pionero dentro de las arquitecturas comerciales que comenzaron a surgir, cuando al final se quedó solo como un modelo de referencia; de esta manera TCP/IP, que se encontraba ya en desarrollo, en los años noventa logra consolidarse como la arquitectura dominante así como un soporte para los protocolos que se desarrollaran en el futuro.

Las instituciones que ya necesitaban intercambiar datos de forma inmediata, se encontraban con el dilema de esperar la consolidación del modelo OSI o si utilizar el conjunto de protocolos TCP/IP, que ya en los ochenta, tenía operatividad y disponibilidad inmediata.

De esta manera el internet logra un crecimiento inminente, debido a que su arquitectura se encuentra basada sobre el conjunto de protocolos TCP/IP.

1.4.2.1 CAPAS DE LA ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS TCP/IP

El conjunto de protocolos TCP/IP, así como en el modelo de referencia OSI, se encuentra desarrollado por niveles o capas, debido a la necesidad de agrupar las tareas que se necesitan en una comunicación. A continuación se explica las cinco capas que se presentan en el protocolo TCP/IP.

Capa de Aplicación.- Esta capa proporciona la comunicación entre aplicaciones de los terminales finales o computadores.

Capa de Transporte (extremo a extremo).- Brinda servicios de transmisión de datos extremo a extremo, en la cual se incluyen mecanismos de seguridad. Esta capa oculta los detalles de la red a la capa de aplicación.

Capa de Internet.- Realiza el encaminamiento de los datos del origen al destino final, por los diferentes caminos que existen dentro de la red.

Capa de Acceso a la Red.- Se encarga de relacionar un sistema y una red, mediante interfaces lógicas; es decir es responsable de intercambiar los datos.

Capa Física.- En esta capa se toman en cuenta las características del medio de transmisión, así como la codificación de las señales o las tasas de señalización.

1.4.2.2 FUNCIONAMIENTO DE LOS PROTOCOLOS TCP E IP

Para explicar el funcionamiento del protocolo TCP/IP nos basaremos en la Figura 1-14, donde podemos observar que la capa física y la capa de acceso a la red, son las encargadas de que los terminales de origen y destino, puedan actuar con la red de manera eficiente, mediante tareas de acceso y encaminamiento de los datos.

En la tercera capa, se utiliza el protocolo de internet (IP, Protocol Internet) con el fin de brindar servicios de encaminamiento a través de todas las redes que se encuentren interconectadas; el protocolo se aplica tanto a los terminales como a todos los nodos que existen.

Mientras que para garantizar que los datos se envíen de forma segura hasta su destino final, sin importar del tipo de aplicación que se encuentren usando, el protocolo utilizado es TCP (Transmission Control Protocol), localizados en la capa de transporte; este protocolo se encarga además de entregar los datos en el mismo orden que se enviaron.

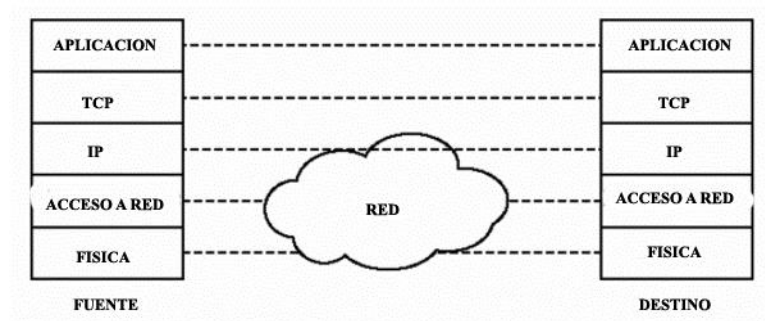


Figura 1-14 Representación del Protocolo TCP/IP

Fuente: El autor

En la capa final nos podemos dar cuenta, que se usan aplicaciones de un usuario a otro, como por ejemplo transferencia de ficheros o datos.

Se puede recalcar que las capas finales (transporte y aplicación) ayudan a facilitar la comunicación entre los sistemas finales; estos protocolos son denominados de extremo a extremo; además podemos mencionar que en la capa de internet existe una mezcla entre tareas de encaminamiento sobre la red y acciones de intercambio de datos entre los sistemas (origen y destino).

Después de sintetizar el funcionamiento de conjunto de protocolos TCP/IP, explicaremos mediante la Figura 1-15 como se realiza un proceso de una operación simple mediante dos terminales y un nodo de conexión.

Consideremos que el terminal emisor A genera un bloque de datos en el puerto 1, que los envía al TCP en donde son fragmentados, en el caso de que sea necesario; a cada uno de estos paquetes o fragmentos se les añade, la denominada cabecera TCP, que es la encargada de contener información de control que será utilizada por el TCP del terminal receptor B del puerto 2. En esta cabecera se introduce información relacionada con el de puerto destino para saber a quién se le entregan los datos, el número de la secuencia con

el fin de entregar los paquetes en orden, la suma de comprobación para verificar si existen errores, etc.

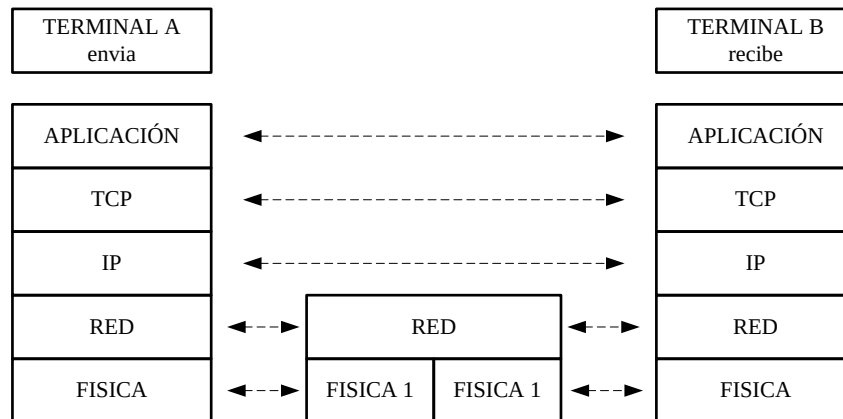


Figura 1-15 Proceso de Operación del Protocolo TCP/IP

Fuente: El autor

El siguiente paso que realiza TCP, es enviar cada uno de los fragmentos al IP con la finalidad de que pueda transmitir todos éstos, al terminal receptor B; como el camino que va a recorrer la información, estará compuesto por subredes y con muchos dispositivos de encaminamiento (router), se forman datagramas IP que contienen información de control y sobre todo la información de la dirección única del computador B.

Ya al final los datagramas IP pasan a la capa de acceso a la red, en donde se le añade su propia cabecera como se muestra en la Figura 1-16, que sirve para que la red pueda transmitir los datos a través de los nodos. Generalmente la cabecera contiene la dirección de la red destino para poder entregarle los paquetes; también solicita de funciones como las de prioridades que contienen las redes.

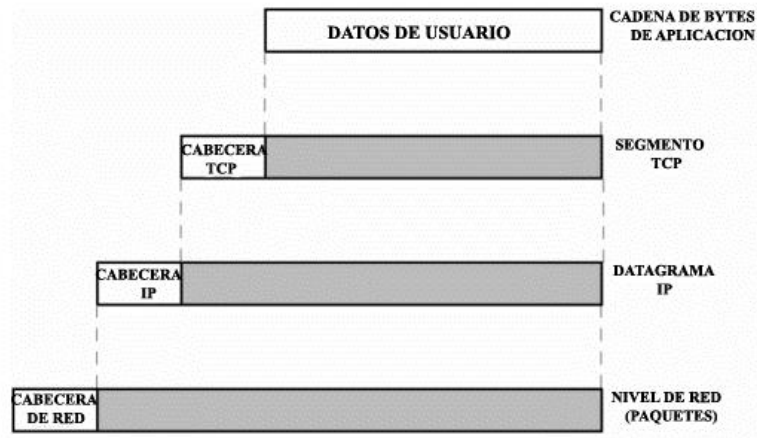


Figura 1-16 Secuencia de inclusión de cabeceras del Protocolo TCP/IP

Fuente: STALLINS, William, *Comunicaciones y Redes de Computadoras*, 6 Edición, 2000

En los nodos o dispositivos de encaminamiento, examinan la cabecera IP, descartando por completo la cabecera del paquete, para volver a encaminar al paquete dentro de la red con el fin de que llegue a su destino final, que contenga dicha cabecera examinada.

Cuando se reciben todos los datos en la terminal receptora B, ocurre un proceso regresivo, en donde se eliminan las cabeceras para que los datos de usuario alcancen su destino en la terminal B.

CAPITULO 2

2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Se considera que los medios de transmisión son los elementos que conectan de manera física a todas las estaciones de trabajo y a los recursos de la red.

Entre los diferentes medios utilizados en las redes LAN se puede mencionar: el cable de par trenzado, el cable coaxial, la fibra óptica y el espectro electromagnético para transmisiones inalámbricas. Su uso depende del tipo de aplicación, por que cada medio tiene sus propias características como: facilidad de instalación, ancho de banda, velocidades de transmisión máxima permitidas, etc. pero la característica más sobresaliente y determinante es el costo de adquisición de ellos.

En los siguientes párrafos se tocaran cada uno de los medios de transmisión con el fin de entender sus características principales.

2.1 CLASIFICACION

2.1.1 CABLE DE COBRE

Se lo encuentra generalmente en par trenzado y es el medio de transmisión más barato y es de fácil instalación; aunque estas características lo hacen ver excelente para muchas aplicaciones, también posee algunos inconvenientes.

Se pueden mencionar que dentro de los pares trenzados de cobre, encontramos dos tipos como son:

- El par trenzado no blindado (UTP, Unshielded Twisted Pair)
- El par trenzado blindado (STP, Shielded Twisted Pair)

El cable de par trenzado no blindado (Figura 2-1) es el cable más utilizado debido a que su costo es muy bajo y es de fácil instalación, pero su mayor inconveniente es la susceptibilidad al ruido generado por inducción, además según su longitud puede ocasionar que actúe como antena. El ruido inducido aumenta de forma considerable el porcentaje de error en la transmisión de datos.

Los cables de pares trenzados blindados, en cambio pueden reducir este porcentaje de error, para ello se emplea una malla metálica la cual reduce las interferencias al ruido y mejora las características de transmisión; también permite extender la longitud del cable a instalar.

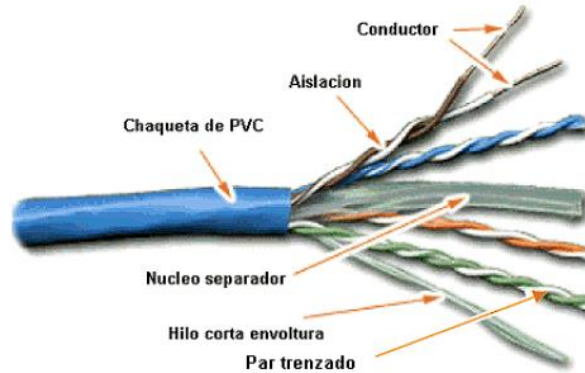


Figura 2-1 Cable de Pares Trenzados

Fuente: <http://webs.um.es/barzana/II/Ii09.html>

2.1.2 CABLE COAXIAL

El cable coaxial como podemos observar en la Figura 2-2, consiste en un conductor cilíndrico ubicado en el centro del cable, el cual es un conductor de cobre que se encuentra rodeado por una capa de aislamiento flexible (dieléctrico). Sobre este material aislador hay una malla tejida o una hoja metálica que actúa como segundo alambre del circuito, además actúa como blindaje del conductor interno. Esta segunda capa de blindaje ayuda a reducir la cantidad de interferencia externa, y se encuentra recubierto

por la envoltura plástica externa del cable que es la funda o también llamado forro aislante.

Es más caro que el cable de par trenzado, pero quizá el cable coaxial es el medio de transmisión más versátil, por lo que está siendo cada vez más utilizado en una gran variedad de aplicaciones.

Principalmente se usa para transmitir tanto señales analógicas como digitales. El cable coaxial tiene una respuesta en frecuencia superior a la del par trenzado, permitiendo por tanto mayores frecuencias y velocidades de transmisión. Por su constitución, el cable coaxial es mucho menos susceptible que el par trenzado tanto a interferencias como a diafonía.

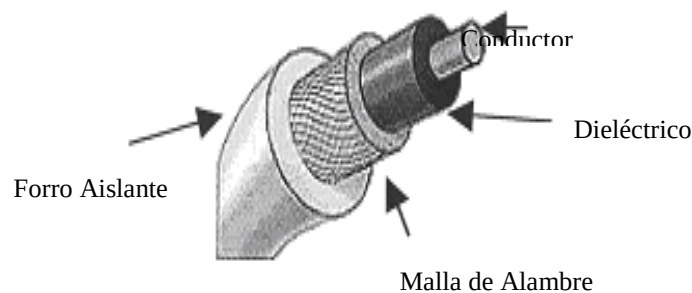


Figura 2-2 Cable Coaxial

Fuente: <http://www.petervaldivia.com/technology/networks/types-of-internet-connections.php>

2.1.3 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un medio de transmisión que consiste en un tubo de vidrio o plástico muy delgado a través del cual la información viaja en forma de energía luminosa (Figura 2-3); es decir, la información es convertida de un formato digital a señales de luz para ser transmitida a través de ella.

Para la fibra se pueden usar diversos tipos de cristales y plásticos que se listan a continuación:

- Fibras ultra puras las cuales son muy difíciles de fabricar.
- Fibras de cristal multicomponente, que poseen mayores pérdidas, pero son más económicas y con una muy buena prestación.
- Fibras de plástico, que tienen todavía un coste menor y se puede utilizar para enlaces de distancias cortas.

Si se compara a la fibra óptica, con otros medios de la red de datos, es más caro, sin embargo, posee la mayor ventaja que no es susceptible a la interferencia electromagnética y ofrece velocidades de datos más altas que cualquiera de los otros tipos de medios.

Otra de las ventajas sobresalientes es que nos permite manejar un ancho de banda muy elevado, además es inmune al ruido por inducción

Su debilidad se centra principalmente en que es frágil, dificultando su instalación, por lo que requiere muchos cuidados y herramientas especializadas incrementando más u costo.



Figura 2-3 Conjunto de Fibras Ópticas

Fuente: <http://blog.captalis.com/2009/04/22/adsl-versus-fibra-optica/>

2.2 TECNOLOGIAS DE ACCESO A LA RED

Una red de comunicaciones denominada Red Pública es aquella que se la utiliza, de manera parcial o totalmente, para prestar servicios de telecomunicaciones para el público en general. A este tipo de redes puede acceder cualquier usuario y comunicarse con cualquier otro que esté conectado a ella, sin que exista ningún tipo de limitación.

Como su nombre lo indica, las Redes Públicas son de libre utilización por cualquier usuario que se abone a las mismas. Tienen grandes ventajas frente a las redes privadas en cuanto a lo que se refiere en el ámbito económico a gran escala, aunque por el momento, sus prestaciones pueden resultar inferiores. A continuación se presentarán algunos tipos de redes existentes.

2.2.1 RED TELEFÓNICA BÁSICA (RTB)

Este tipo de red es considerada básicamente en el enlace a voluntad entre dos equipos terminales (teléfonos o modems), mediante un circuito físico que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez terminada la sesión. Por lo que la técnica usada en este tipo de redes es la conmutación de circuitos, orientada a la conexión.

Al brindar solamente un servicio telefónico tradicional, fue perdiendo un gran terreno frente a la RDSI² quien como se verá más adelante integra de manera conjunta numerosos servicios de telecomunicaciones.

² RDSI Red Digital de Servicios Integrados

Ventajas de la RTB:

Al ser una de las redes con mayor aceptación en sus inicios, presenta algunas de las siguientes ventajas:

- Tiene la posibilidad de establecer una comunicación telefónica con cualquier usuario del mundo.
- Compatible con todas las redes telefónicas internacionales.
- Goza de una pequeña capacidad para el intercambio electrónico de ciertas informaciones.
- El coste de comunicación es bajo para voz y alto para datos.

Desventajas de la RTB:

- La saturación en las líneas puede producir un cierto retraso en el establecimiento de la comunicación.
- La cobertura no es total en el ámbito geográfico, sobre todo en lo que se refiere a las zonas rurales, la comunicación es solamente entre puntos geográficos.
- La capacidad de transmisión de datos es bastante baja, dado que el diseño de la red responde básicamente a las necesidades de transmisión de señales analógicas.
- Los costes son crecientes con la distancia.

A pesar de todos estos inconvenientes que posee, el uso del teléfono convencional sigue siendo el medio de comunicación directo que goza de mayor popularidad en todo el mundo.

También pueden servir de enlace para la utilización de ciertos servicios que permitan la comunicación en diferentes formatos, la transferencia de ciertas informaciones entre

puntos origen/destino situados en la misma o en diferentes localidades. Para ello existen equipos, como por ejemplo los módems³, que sirven de puente entre la Red Telefónica Básica y un equipo ordenador, por lo que hace posible la transferencia de información entre distintos equipos informáticos.

Algunos servicios que pueden brindar este tipo de red, podemos mencionar al telefax, que es un servicio de tele copia que utiliza la RTB como soporte; otro servicio que podemos mencionar es el videotex, servicio cuyo objetivo es la recuperación de información mediante el diálogo con una base de datos.

2.2.2 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI)

En este tipo de redes, la información a enviar se codifica en formato digital, por lo que esta información digitalizada se transmite por una red única, independientemente de la naturaleza del formato original de dicha información.

Este concepto, es la base de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). Los distintos usuarios de la RDSI utilizan un único punto de acceso a la red para utilizar cualquier tipo de servicios de comunicación que se preste. Dicho punto permite la conexión de manera simultánea a los terminales de todo tipo, accesibles mediante un único número que los identifica.

Según la definición de la UIT-T, la Red Digital de Servicios Integrados es:

"Una red desarrollada a partir de la Red Telefónica Digital Integrada que proporciona una conexión digital de extremo a extremo para dar soporte a un amplio rango de

³ Módem Terminología de Modulador / Demodulador

servicios, sean o no de transporte de voz, a la cual tienen acceso los usuarios mediante un número limitado de interfaces estándar usuario/red de propósito múltiple"⁴.

En la RDSI, la respectiva información de señalización se procesa por un canal separado, de forma independiente de la información a intercambiar por los usuarios de la red. El tratamiento separado de señalización y datos permite una flexibilidad mucho mayor en el uso de las redes.

Existen dos grandes variantes de la RDSI, pero que mantienen el concepto actual, como la RDSI de banda estrecha (RDSI-BE) y la RDSI de banda ancha (RDSI-BA), que su diferencia principal se encuentra en su capacidad máxima de transmisión.

RDSI-BE (RDSI de Banda Estrecha)

La RDSI de banda estrecha proporciona la incorporación de nuevas funciones en las centrales digitales, las cuales permiten la existencia de elementos de conmutación de paquetes en las propias centrales de conmutación, y conexiones conmutadas en la propia central, permitiendo así servicios como la videoconferencia. Se distinguen los siguientes elementos en la red como son:

Canales de transmisión

Canal B.- Que es de 64 kbps y esta destinado a la transferencia transparente de todo tipo de información de usuario.

Canal D.- Que es el destinado al transporte de toda la señalización entre el abonado y la red. Su velocidad es de 16 kbps o de 64 kbps, según el tipo de interfaz.

⁴ Definición tomada de la ITU-T

Accesos de usuario

Acceso básico (2B + D).- Este acceso esta formado por dos canales B y un canal D de 16 kbps.

Acceso primario (30B + D).- Formado por 30 canales B y un canal D de 64 kbps, con los que se obtiene una velocidad global de 2.048 kbps.

Es necesario mencionar algunas de las ventajas que presenta la RDSI de banda estrecha para los usuarios como:

- Mejores servicios.
- Mejor calidad de transmisión y menos errores.
- Eliminación de módem.
- Permite una reducción en tiempos de transmisión.
- También da una reducción en costes de transmisión de datos.
- Permite mayor facilidad de acceso a nuevos servicios.

RDSI-BA (RDSI de Banda Ancha)

Los servicios de telecomunicación no pueden ser integrados en una RDSI de banda estrecha debido a que algunos servicios necesitan velocidades superiores a 2 Mbps, como son la videotelefonía de banda ancha, sonido alta velocidad, mensajería de vídeo, videotext de banda ancha o datos de alta velocidad.

La codificación de las distintas señales de vídeo convencional, exigen en la actualidad velocidades de transmisión superiores a los 2 Mbps, que son el límite superior de la RDSI de banda estrecha.

Para integrar este tipo de servicios en la RDSI se requieren nuevos elementos de tecnología avanzada. Los más significativos son los cables de fibra óptica utilizados para

el acceso de los abonados, y los conmutadores de señales de banda ancha capaces de conmutar señales digitales de alta velocidad.

2.2.3 XDSL (X DIGITAL SUBSCRIBER LINE)

xDSL es el termino que se utiliza para la gran gama de tecnologías que posee DSL (Digital Subscriber Line). DSL (Línea Digital de Suscriptor) hace referencia a las tecnologías usadas entre los usuarios y la compañía que brinda el servicio, habilitando un mayor ancho de banda de transmisión sobre las ya existentes líneas telefónicas de cobre que encontramos en la actualidad.

xDSL utiliza más ancho de banda de las líneas telefónicas de cobre que el que se usa actualmente para la transmitir voz. Aprovechando frecuencias que están por encima de las utilizadas para la telefonía (400Hz-4KHz),

xDSL puede codificar más datos alcanzando tasas de transmisión muy altas, Para lograr esto los equipos de xDSL deben ser instalado en ambos los extremos del cable de cobre.

La gran limitante de esta tecnología es la distancia para las transmisiones de datos, a medida que la localización del abonado aleja de la central, la calidad de las transmisiones baja.

Existe una gran variedad de tecnologías pertenecientes a xDSL, cada uno diseñado con objetivos específicos y necesidades de mercado. A continuación se mencionaran algunos de los tipos de xDSL con una síntesis explicativa de cada una de ellas.

2.2.3.1 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

ADSL son las iniciales de Asymmetric Digital Subscriber Line (Linea de Abonados Digital Asimétrica), la cual es una tecnología que transforma las líneas telefónicas o el par de cobre del abonado, en líneas de alta velocidad permanentemente establecidas.

ADSL facilita el acceso a Internet de alta velocidad así como el acceso a redes corporativas para aplicaciones multimedia, videoconferencia, voz sobre IP, vídeo sobre demanda, etc. (Figura 2-4).

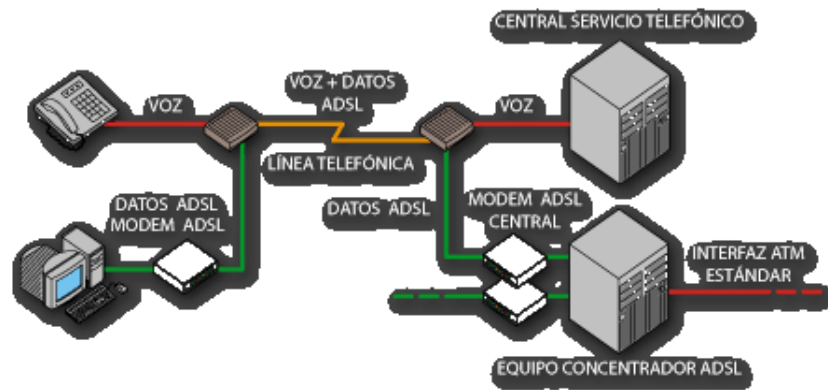


Figura 2-4 Esquema de ADSL

Fuente: <http://www.terra.es/personal2/josep.llopis/adsl.htm>

Es un servicio que tiene grandes beneficios, tanto de alta velocidad para la transmisión y recepción de datos, como la de costes para conexiones a Internet con tiempo ilimitado.

Para hacer posible esta tecnología hay que instalar un módem ADSL en cada extremo de uno de los terminales (abonado – central). Sus velocidades hacia el usuario final van desde 1,5 a más de 9 Mbps y hacia el proveedor de acceso va desde 16 Kbps a 800 Kbps, dependiendo de la calidad y longitud del bucle.

Entre sus ventajas más resaltantes están:

- Se aprovechan la cobertura telefónica, mientras se transmiten datos
- Se puede ofrecer a cada suscriptor servicios altas velocidades de acceso a Internet.
- Los costes se disminuyen debido a que brinda más servicios.

En el servicio ADSL, el envío y recepción de los datos se establece desde el abonado a través de un módem ADSL. Estos datos pasan por un filtro (splitter⁵), el cual permite la utilización simultánea del servicio telefónico y del servicio ADSL.

ADSL utiliza técnicas de codificación digital que permiten ampliar el rendimiento del cableado telefónico actual. Para conseguir estas tasas de transmisión de datos, la tecnología ADSL establece tres canales independientes sobre la línea telefónica estándar:

- Canal estándar que se utiliza para transmitir la comunicación normal de voz (servicio telefónico básico).
- Canal de alta velocidad que llega desde 1 a 9 Mbps. es utilizado para recibir la información.
- Canal de velocidad media que llega desde 16 a 640 Kbps. se utiliza para enviar información.

Los dos canales de datos son asimétricos, es decir, no tienen la misma velocidad de transmisión de datos. El canal de recepción de datos tiene mayor velocidad que el canal de envío de datos.

Esta asimetría, característica de ADSL, permite alcanzar mayores velocidades en el servicio de acceso a la información, debido a que el volumen de la información recibida es mucho mayor que el enviado.

El sistema ADSL lo que realiza es una división de frecuencia sobre el cable de línea telefónica.

⁵ Dispositivo compuesto de un conjunto de filtros (paso alto y paso bajo) con la finalidad de separar señales transmitidas.

Para poder realizar dicha división de frecuencias, el ADSL utiliza FDM (Frequency Division Multiplexation) o Multiplexación por División de Frecuencia.

La técnica FDM asigna un ancho de banda para los datos enviados a la central telefónica y otra para los procedentes de ésta.

La tecnología ADSL debe afrontar algunos inconvenientes como:

- Atenuación creciente en frecuencia
- El ruido
- Crosstalk
- Ancho de banda limitado en las centrales locales
- Dispersión
- Bridge Tap

Atenuación.- La mayoría de los pares de cobre que conectan las centrales locales con sus abonados fueron instaladas anteriormente y realizan la función para la cual estaban inicialmente diseñados, llevar señales portadoras de voz. Sus longitudes son limitadas debido a la atenuación para frecuencias por encima de los 4kHz.

Ruido.- Podemos diferenciar dos tipos de ruido que pueden afectar a una transmisión ADSL sobre cable de cobre:

Ruido intrínseco: ruido térmico, ecos, reflexiones, atenuación y crosstalk.

Ruido extrínseco: básicamente se trata de ruido impulsivo generado por corrientes eléctricas así como son también las interferencias de las emisoras de radio.

Crosstalk.- El crosstalk es el principal limitador de la capacidad en las comunicaciones DSL. Existen dos tipos muy diferentes de crosstalk en los pares de cobre:

NEXT (Near end crosstalk): Interferencia que aparece en otro par al mismo extremo que la fuente de interferencia. El nivel de interferencia es bastante independiente de la longitud del cable.

FEXT (Far-end Crosstalk): Interferencia que aparece en el otro par al extremo opuesto del cable de donde esta la fuente de interferencia.

Dispersión.- La dispersión de la señal es otro problema con las señales de altas frecuencias. Las características físicas de las líneas de transmisión son tales que las señales de diferentes frecuencias se propagan a velocidades diferentes.

Así pues los pulsos, que representan los datos y que están constituidos por muchas componentes frecuenciales, tienden a dispersarse a medida que se propagan a través de la línea, pudiéndose solapar el uno con el otro.

Este efecto es conocido como interferencia intersimbólica y limita la velocidad de transmisión máxima. Igual que la atenuación, los efectos de la dispersión empeoran con la frecuencia y la longitud de la línea.

Distribución frecuencial.- La banda frecuencial usada en la tecnología ADSL comprende desde los 0 Hz hasta los 1.1 MHz. Esta banda se reparte en tres sub-bandas:

- Voz telefónica (0-4 kHz)
- Canal de subida (25-138 kHz)
- Canal de bajada (200kHz-1.1 MHz)

2.2.3.2 HDSL (Hight Data Rate Digital Subscriber Line)

La tecnología HDSL, Línea de Abonados Digital de Índice de Datos Alto, es simétrica y bidireccional, por lo que la velocidad desde la central al abonado y viceversa será la misma.

HDSL es la tecnología más avanzada de todas, ya que se encuentra implementada en varios lugares, donde existen grandes redes de datos y es necesario transportar información a muy alta velocidad de un punto a otro.

La velocidad que puede llegar a alcanzar es de 1,544 Mbps (full duplex) utilizando dos pares de cobre, la distancia que soporta es algo menor a la de ADSL, pero se encuentran distancias superiores a los 7 Km.

Para soportar la atenuación y los posibles disturbios que se presentan en la línea, HDSL emplea una sofisticada técnica de ecualización adaptativa. Esto quiere decir que en todo momento se tiene respuesta a la frecuencia que presenta el canal.

La tecnología HDSL tiene cabida en las comunicaciones de redes públicas y privadas también. Ya que son variadas las aplicaciones, desde realizar enlaces E1 para interconectar redes locales LAN, enlaces digitales E1, videoconferencia, enlaces voz/datos digitales en general.

Existen otras aplicaciones que se pueden nombrar a continuación:

- Acceso a las Redes Trocales de Fibra Óptica.
- Video Conferencia.
- Redes de Distribución PBX una red de computador.
- Acceso Remoto de Datos

Su mayor virtud es que disminuye el coste y el tiempo necesarios para la instalación de las líneas T1/E1. Permite ampliar el alcance cambiando el tipo de cable a distancias mayores de 7 km con cables de mayor diámetro. La instalación de HDSL no requiere nuevas infraestructuras ni reacondicionar las ya existentes.

2.2.3.3 SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)

SDSL son las iniciales de Symmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonados Digital Simétrica), y muy similar a la tecnología HDSL, ya que soporta transmisiones simétricas, pero utiliza un solo par de cobre y tiene un alcance máximo de 3 Km. Dentro de esta distancia será posible mantener una velocidad similar a HDSL. Esta norma se encuentra aún en la fase de desarrollo.

Esta tecnología provee el mismo ancho de banda en ambas direcciones (para subir y bajar datos); es decir que se tiene el mismo rendimiento de excelente calidad. SDSL brinda velocidades de transmisión entre un rango de hasta 1,5 Mbps, y a una distancia máxima de 5 Km. desde la oficina central, a través de un único par de cables. Generalmente este tipo de conexiones son utilizadas en empresas pequeñas y medianas que necesitan un medio eficaz para subir y bajar y transmitir archivos a las redes locales que existen.

2.2.3.4 VDSL (Very High Rate Digital Subscriber Line)

VDSL es la más rápida de las tecnologías xDSL, ya que puede alcanzar una velocidad de entre 13 y 52 Mbps desde la central hasta el usuario, claro que en sentido contrario alcanza velocidades de 1,5 a 2,3 Mbps, por lo que se trata de un tipo de conexión también asimétrica. Su arquitectura se presenta en la siguiente Figura 2-5.

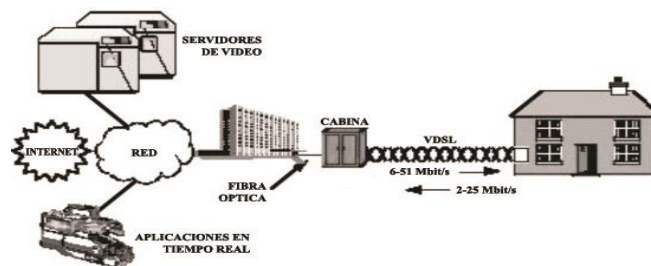


Figura 2-5 Arquitectura VDSL

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml>

El medio físico utilizado es independiente de VDSL. Una posibilidad es utilizar la infraestructura existente de cableado local.

VDSL opera sobre distancias mucho más cortas y suministrará rangos de datos mucho más grandes. VDSL es utilizado junto con una red de fibra óptica. La fibra óptica será extendida lo más cerca a las áreas residenciales ya que desde allí se puede usar el servicio de cableado telefónico para transmitir la información a los hogares.

VDSL es una evolución de ADSL para aumentar la tasa de bits y usarlo a mayor ancho de banda. Esto puede ser contemplado porque la longitud efectiva del cable es reducida debido al progreso de la fibra en redes de acceso.

Se estima que esta tecnología proporcionará las conexiones desde la red de fibra óptica y los clientes. VDSL provee un canal de flujo hacia abajo y un canal de flujo hacia arriba. El canal de flujo hacia abajo posee usualmente un rango de bit mucho más alto. Esto es apropiado para las clases de aplicaciones que las tecnologías xDSL utilizarán para proveer un alto rango de flujo de datos dentro del hogar.

Las tasas de bajada se presentan en la tabla 2-1 con las distancias respectivas.

VELOCIDAD	DISTANCIA MÁXIMA
12.96 - 13.8 Mbps	1500 metros
25.92 - 27.6 Mbps	1000 metros
51.84 - 55.2 Mbps	300 metros

Tabla 2-1 Tasas de bajada de VDSL

Fuente: El autor

Es posible el funcionamiento simultáneo de VDSL y de los servicios de banda estrecha tradicionales sobre una única línea telefónica, para ello se requiere de un divisor en cada

extremo de la línea para separar la señal VDSL de mayor frecuencia de la señal de menor frecuencia.

VDSL puede ofrecer servicios como central telefónica, y dar servicio a los abonados situados en la proximidad inmediata de la central.

2.3 TECNOLOGÍAS DE CONECTIVIDAD

Las tecnologías de codificación y proceso digital de la información han progresado considerablemente durante los últimos años. En la actualidad, la combinación de tecnología digital con elementos de elevada escala de integración hace posible incrementar la capacidad, fiabilidad y calidad del tratamiento de información con una importante reducción de costes frente a las técnicas convencionales de proceso analógico.

2.3.1 FRAME RELAY

Es una técnica de conmutación de paquetes con velocidades de acceso mayores a 1,5 Mbps y con un bajo coste de implementación.

Esta técnica añade funciones de repetición y encaminamiento al nivel de enlace del modelo de referencia OSI.

El objetivo de diseño fue conseguir un servicio multiplexado que transportara tramas, minimizando los tiempos muertos y la sobrecarga, para ello se eliminó el control de errores y de flujo.

Frame Relay no incluye la corrección de errores, cada vez que un paquete es enviado de un nodo a otro, ya que retrasa la transmisión de datos; ahora el control de errores solo se realiza entre el equipo del abonado y el nodo de conmutación. Con esta técnica, la detección de posibles errores descansa más en el protocolo de transmisión.

Frame Relay opera sobre la dirección de las tramas sin importar el contenido de los datos, delegando en la capa de red (modelo OSI) las facilidades de conmutación.

Las ventajas que presenta Frame Relay son que los cambios de equipos no son necesarios y las modificaciones en el equipamiento lógico a nivel de enlace son mínimas, también nos brinda una eficiencia óptima de 45 Mbps para el tráfico de datos.

Es un protocolo transparente y adecuado en aplicaciones que intercambian grandes volúmenes de datos a grandes velocidades, y con muy baja probabilidad de error en el medio de transmisión. Está especialmente indicado para transmisión asincrónica de datos.

2.3.2 ATM (ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE)

ATM (Asynchronous Transfer Mode) es un protocolo definido, para las redes de banda ancha que requieren medios de transmisión de alta velocidad. ATM trabaja con conmutación de paquetes y utiliza células de tamaño fijo, lo que supone un beneficio a la hora de desarrollar dispositivos hardware que permitan el encaminamiento de estas células a muy altas velocidades, en principio superiores a los 50 Mbps.

El tamaño fijo de célula hace posible la transmisión de voz e imagen, ya que en este caso se debe conseguir un retardo mínimo y de valor constante.

El mecanismo "cell relay"⁶ es un sistema de conmutación idóneo para el tráfico multimedia/multi-megabit sobre fibras ópticas.

El protocolo ATM, fue desarrollado en conjunto con los estándares SONET y SDH redes de banda ancha, de los cuales se mencionaran sus características posteriormente,

⁶ conmutación de células de tamaño fijo a alta velocidad.

siendo el objetivo común alcanzar velocidades de transmisión de Gbps, constituyendo una red de transporte que soporte múltiples protocolos de acceso, entre los que se incluyen Frame Relay.

ATM se ha desarrollado posteriormente a nivel práctico como una solución para los entornos LAN y WAN, habiendo sustituido prácticamente al B-RDSI, que no es más que una Red Digital de Servicios Integrados sobre fibra óptica.

Los servicios de alta velocidad requieren una nueva estructura de protocolos, distinta a la de las comunicaciones clásicas. Las características físicas dependen del medio que se emplea y del modo en que se utiliza este. El nivel físico incluye las funciones del medio físico (PM) asociadas con la transmisión de bits, el método de sincronización de bit, el código de línea, la convergencia de transmisión (TC) que manejan el proceso de adaptación de velocidad, control de errores, delimitación de células y enmarcado de transmisión.

El nivel superior corresponde al ATM, que se encarga del multiplexado de células, control de la ruta virtual y de la conexión, procesado de la cabecera de células y control de flujo. Por encima de éste y dependiente de él, se encuentra el nivel de adaptación (AAL, ATM Adaptation Level) que se encarga de transmisión y recepción de información en las células, ajustando las características a los diferentes tipos de tráfico.

Características generales de ATM.

En ATM el flujo de datos se divide en células de longitud fija, llevando cada una de ellas en su cabecera el identificativo que permite operar en modo de multiplexado estadístico, aumentando la flexibilidad y el aprovechamiento del ancho de banda.

La tecnología ATM es capaz de transmitir paquetes de longitud variable, a ráfagas y con tiempos de llegada aleatorios dentro de células que se transmiten a velocidad constante,

por ello soportan perfectamente las necesidades de transmisión de voz e imagen, así como la transmisión asíncrona típica de los datos.

Además se realiza una separación del flujo de usuario, ya que mediante la asignación de capacidad fija se pueden transmitir (en base a una reserva garantizada) la voz y la imagen, mientras que asignando la capacidad bajo demanda se pueden transmitir de manera eficiente los datos.

En ATM el paquete tiene un tamaño fijo y como se dijo anteriormente se le denomina celda, se compone de 5 octetos de cabecera y 48 de carga neta. Con la información contenida en la cabecera, la red es capaz de hacer progresar cada celda hasta su destino.

Como la red de transmisión y conmutación ATM es capaz de adaptarse a las necesidades de los distintos tipos de tráfico (datos, voz, imagen), no se requiere cambiar los equipos o las interfaces correspondientes a la infraestructura de red, solamente será necesario un aumento de velocidad en caso de que así lo requiera el volumen de tráfico acumulado.

Los dos tipos fundamentales de tráfico que son transportados por las células son los correspondientes a un flujo continuo de bits y a datos en conmutación de paquetes.

Flujo continuo de bits.

Lo que se realiza en este caso, es fragmentar la secuencia de bits recibida en tamaños que correspondan a la capacidad de carga neta de las células, introduciéndolo en células vacías para su transmisión a través de la red, poniendo las direcciones correspondientes en la cabecera.

Las células, al llegar a su destino, conservan el orden, por lo que el proceso en el receptor consiste simplemente en pasar los bits incluidos en la carga de las células al flujo continuo de salida.

Flujo en conmutación de paquetes.

En este caso también se fragmentan los paquetes a transmitir y se les introduce la dirección de destino en la cabecera. El receptor debe reconstruir los paquetes del flujo de células que le llegan, lo cual requiere procedimientos más complejos que en el caso anterior.

ATM es una tecnología de conmutación de celdas (cell switching) de alta capacidad y bajo retardo, cuya funcionalidad corresponde al nivel físico, que realiza multiplexado a muy alta velocidad basado en la cabecera de las células, ofreciendo un servicio orientado a la conexión, en el que las conexiones virtuales pueden ser permanentes o conmutadas.

La conmutación de células se inicia mediante un proceso de conexión controlado por la red de señalización, en éste se define la ruta, así como los parámetros de la conexión para la transferencia de datos extremo a extremo sobre el circuito establecido.

ATM permite transmitir tráfico de múltiples características, como

- Entornos local (LAN) y extenso (WAN).
- Tráfico troncal con un gran abanico de posibilidades.
- Soporte de multimedia.
- Edificios inteligentes.
- Redes públicas y privadas.
- Distribución de servicios de TV por cable.

Las redes ATM son transparentes a todos los tipos de información de usuario transportados mediante los servicios proporcionados por la red. Soporta la transmisión de tráfico de diferente naturaleza de forma integrada.

Las redes ATM están orientadas a conexión, es decir requieren el establecimiento de un circuito virtual antes de la transferencia de información entre dos extremos. Los circuitos que establece ATM son de dos tipos: caminos virtuales y circuitos virtuales.

Existen principalmente dos tipos de conexiones en ATM:

Conexiones virtuales permanentes.- La conexión se efectúa por mecanismos externos, principalmente a través del gestor de red, por medio del cual se programan los elementos de conmutación entre fuente y destino.

Conexiones virtuales conmutadas.- La conexión se efectúa por medio de un protocolo de señalización de manera automática. Este tipo de conexión es la utilizada habitualmente por los protocolos de nivel superior cuando operan con ATM.

Otra ventaja de la tecnología ATM es la utilización eficiente del ancho de banda, ya que por el mismo canal circulan celdas que pueden llevar información de voz, datos o imagen y todas reciben el mismo tratamiento en los conmutadores.

Además cuando una comunicación finaliza, el ancho de banda que ocupaba queda liberado para otra comunicación. Para establecer una comunicación, se negocia el ancho de banda y la calidad de servicio con el conmutador ATM, que puede aceptar la petición o limitar sus pretensiones de acuerdo con el ancho de banda disponible.

ATM pretende ser una solución multimedia totalmente integrada para la interconexión de redes, ofreciéndose por parte de los operadores de comunicaciones la posibilidad de alquiler o compra del equipamiento de acceso al servicio, e infraestructura de líneas en caso de establecimiento de redes privadas.

2.3.3 SONET (SYNCHRONOUS OPTICAL NETWORK).

SONET (Red Óptica Síncrona) en terminología UIT-T, es un estándar internacional, para líneas de telecomunicación de alta velocidad sobre fibra óptica (desde 51,84 Mbps a 2,488 Gbps).

Son normas que definen señales ópticas estandarizadas, una estructura de trama síncrona para el tráfico digital multiplexado, y los procedimientos de operación para permitir la interconexión de terminales mediante fibras ópticas, sobre el tipo monomodo.

SONET está destinada a proporcionar una especificación que aproveche las ventajas de la alta velocidad que proporciona la transmisión digital usando fibra óptica

El aumento de flexibilidad de configuración y ancho de banda disponible de SONET provee significativas ventajas sobre los viejos sistemas de telecomunicaciones. Estas ventajas incluyen:

- Reducción en requerimiento de equipos y un incremento de confiabilidad en la red.
- Definición de formato de multiplexación sincrónico de llevar niveles de señal digital de bajo nivel y una estructura sincrónica que simplifica la señal de interfaz a switches digitales.

Las especificaciones de SONET definen una jerarquía de razones de datos digitales normalizadas que se presentan en la Tabla 2-2.

NOMENCLATURA SONET	NOMECLATURA CCITT	RAZON DE DATOS (Mbps)
STS-1/OC-1		51,84
STS-3/OC-3	STM-1	155,52

STS-9/OC-9	-	466,56
STS-12/OC-12	STM-4	622,08
STS-18/OC-18	-	933,12
STS-24/OC-24	-	1244,16
STS-36/OC-36	-	1866,24
STS-48/OC-48	STM-16	2488,32

Tabla 2-2 Tasas de Datos

Fuente: El autor

Una señal es convertida a STS y viaja a través de varias redes de SONET en el formato STS hasta que finalice. El equipo terminal convierte STS al formato de usuario.

2.3.4 JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SDH)

Para entender el funcionamiento de SDH es conveniente hacer una breve explicación de PDH (Plesiochronous Digital Hierachy), la cual surgió como una tecnología basada en el transporte de canales digitales sobre un mismo enlace.

Los canales a multiplexar, denominados módulos de transporte o contenedores virtuales se unen formando tramas de nivel superior a velocidades estandarizadas 2 Mbps, 8 Mbps, 34 Mbps, 140 Mbps y 565 Mbps.

La principal problemática de la jerarquía PDH es la falta de sincronismo entre equipos, cada equipo puede tener alguna pequeña diferencia en la tasa de bit e introduce error.

SDH define una estructura que permite combinar señales plesiócronicas (PDH) y encapsularlas en una señal SDH estándar, permitiendo un control de las redes de transmisión.

El número de velocidades de transmisión básicas en SDH son:

- 155 Mbps, correspondiente a STM-1 (Synchronous Transport Module)
- 622 Mbps, correspondiente a STM-4
- 2,4 Gbps, correspondiente a STM-16
- 10 Gbps, correspondiente a STM-64

SDH define un número de contenedores, cada uno de ellos correspondiente a una velocidad de transmisión PDH.

La información de la señal PDH se introduce en su respectivo contenedor y se le añade una cabecera al contenedor, que permite monitorizar estas señales. Cabecera y contenedor forman un denominado contenedor virtual.

En una red síncrona se utiliza un mismo reloj de red. Variaciones de retardo asociadas a un enlace de transmisión inciden en una posición variable de los contenedores virtuales.

Cabe mencionar que existen muchas ventajas con lo que respecta a SDH, descritas brevemente a continuación.

Simplificación de red.- La mayor virtud de la jerarquía SDH es la simplificación de red frente a redes basadas exclusivamente en PDH. Un multiplexor SDH puede incorporar tráficos básicos cualquier nivel de la jerarquía, sin necesidad de utilizar una cascada de multiplexores, reduciendo las necesidades de equipos.

Fiabilidad.- En una red SDH los elementos de red se monitorizan extremo a extremo y se gestiona el mantenimiento de la integridad de la misma.

La gestión de red permite la inmediata identificación de fallo en un enlace o nodo de la red. Utilizando topologías con caminos redundantes se reencamina el tráfico instantáneamente hasta la reparación del equipo defectuoso.

Es por esto que los fallos en la red de transporte son transparentes desde el punto de vista de una comunicación extremo a extremo, garantizando la continuidad de los servicios.

Software de control.- Un control de software total de la red es posible gracias a la inclusión de canales de control dentro de una trama SDH. Los sistemas de gestión de red no sólo incorporan funcionalidades típicas como gestión de alarmas, sino otras más avanzadas como monitorización del rendimiento, gestión de la configuración, gestión de recursos, seguridad de red, gestión del inventario, planificación y diseño de red.

Además de la posibilidad de realizar un control remoto y mantenimiento centralizado, permitiendo disminuir el tiempo de respuesta ante fallos.

Estandarización.- Los estándares SDH permiten la interconexión de equipos de distintos fabricantes en el mismo enlace. La definición de nivel físico fija los parámetros del interfaz, como la velocidad de línea óptica, longitud de onda, niveles de potencia, formas y codificación de pulsos.

Asimismo se definen las estructuras de trama, cabeceras y contenedores. Esta estandarización permite a los usuarios libertad de elección de suministradores, evitando los problemas asociados al estar cautivo de una solución propietaria de un único fabricante.

Las redes de transmisión de telecomunicaciones que se desarrollan e implantan en la actualidad se basan principalmente en soluciones técnicas de jerarquía digital síncrona, ya que SDH permite una integración de todos los servicios de voz, datos y vídeo a nivel de transmisión, lo que facilita la gestión de las redes y las beneficia de los niveles de protección y seguridad intrínsecos a SDH.

Otra ventaja adicional de esta tecnología es que sobre ella se pueden desarrollar otras soluciones del tipo Frame Relay o ATM.

2.4 REDES LAN

2.4.1 ESTÁNDARES EN LAN

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) emite los estándares que definen las características, topología, medios de transmisión de los modelos más utilizados en las LANs dentro de su proyecto 802. A continuación mencionaremos los estándares más difundidos en la actualidad.

2.4.1.1 Ethernet

El IEEE 802.3 define un estándar similar a Ethernet con una ligera diferencia en el formato de las tramas. Todas las adaptaciones del estándar 802.3 tienen una velocidad de transmisión de 10 Mbps.

Ethernet soporta velocidades de transmisión de datos de 10 a 100 Mbps. Puede utilizar topología física en bus o estrella. El medio de transmisión más empleado en las redes Ethernet es el par trenzado de cobre4 con señalización en banda base, sin embargo, existen especificaciones para otros medios de transmisión, las cuales se mencionan más adelante.

2.4.1.1.1 Métodos de Acceso

Como ya sabemos, los métodos de acceso hacen referencia a las reglas que deben seguir las estaciones de trabajo (terminales) para poder acceder al medio de manera correcta y así transmitir la información en forma ordenada, evitando de esta manera colisiones que traen como consecuencia la pérdida de datos.

También permiten el direccionamiento de la comunicación entre estaciones terminales. En este apartado solamente se mencionarán los métodos de acceso más utilizados como son el CSMA/CD, CSMA/CA Y Token Passing.

2.4.1.1.1 Acceso Múltiple con Sensibilidad de Portadora, con Detección de Colisión (CSMA/CD)⁷

Es un método, en el cual la estación de trabajo o terminal, censa el medio antes de realizar una transmisión; si el medio está ocupado espera un tiempo determinado antes de volver a censar, al momento que detecta que ninguna de las estaciones está transmitiendo comienza su envío.

Existe la posibilidad que dos estaciones transmitan al mismo tiempo por hacer la detección simultáneamente, por lo que habrá una colisión; cuando esto ocurre, ambas estaciones o máquinas de trabajo, vuelven a esperar un tiempo aleatorio para iniciar el proceso.

Se usa principalmente en redes con topología tipo bus.

2.4.1.1.2 Acceso Múltiple con Sensibilidad de Portadora Evitando Colisiones (CSMA/CA)⁸

Es una variante del CSMA/CD en el cual la característica principal es evitar las colisiones y no solo detectarlas.

⁷ Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.

⁸ Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoiding.

Como característica más importante de Ethernet se destaca la utilización de CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) como método de acceso. En CSMA/CD todos los nodos tienen acceso a la red en cualquier momento, una colisión ocurrirá cuando dos estaciones detectaron silencio dentro de la red y enviaron datos al mismo tiempo, en este caso ambas transmisiones se dañan y las estaciones deben transmitir algún tiempo después.

Es CSMA ya que múltiples terminales pueden acceder simultáneamente a Ethernet y determinar si se encuentra activo o no, simplemente escuchando si la señal esta presente, por otro lado la detección de colisión se refiere a que cada transceiver monitorea el cable mientras está transfiriendo para verificar que una señal externa no interfiera con la suya.

Conexión al Medio

La conexión de una computadora al medio se lleva a cabo mediante dos componentes principales:

Transceiver o media converter.- Este dispositivo, (Figura 2-6) modifica las características físicas de la señal.



Figura 2-6 Transceiver Ethernet 10 base 2

Fuente: <http://www.ibm.com/ec/es/>

Interfaz Ethernet o Tarjeta de red: Son llamadas NIC (Network Interfaz Card) y son adaptadores instalados en una estación de trabajo (Figura 2-7), que brindan la conexión física a la red, es la interfaz entre el medio y la computadora. Otra cosa que es importante destacar es que poseen dirección única a nivel de hardware.

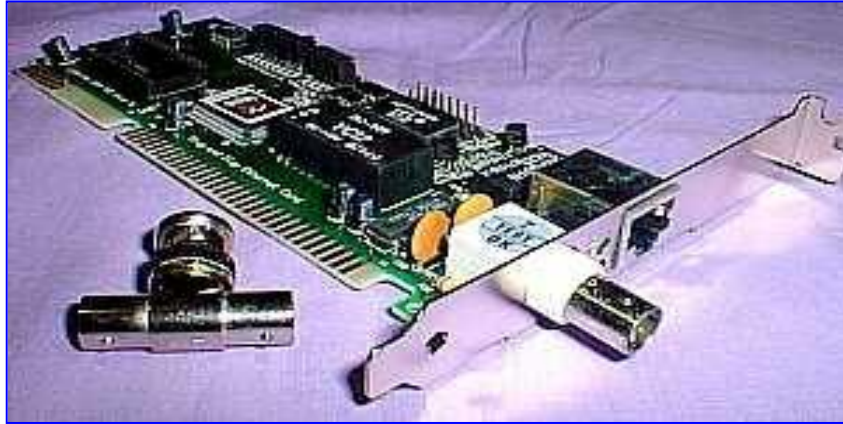


Figura 2-7 Tarjeta de Red

Fuente: http://store.helpteck.com/index.php?main_page=index&manufacturers_id=19

2.4.1.1.2 TOPOLOGIAS

Las topologías más usuales son: 10 Base-5; 10 Base-2 y 10 Base-T, donde el primer número del nombre señala la velocidad en Mbps y el número final a los metros por segmento (multiplicándose por 100). Base viene de banda base (baseband) y Broad de banda ancha (broadband).

2.4.1.1.2.1 10 Base - 5

Emplea una topología física de bus en la existe un cable coaxial grueso, las estaciones se conectan al medio a través de trancceptores (transceivers), la distancia máxima cubierta del segmento es de 500 metros, aunque se puede añadir repetidores para aumentar el alcance.

Los principales componentes de una red Ethernet gruesa son:

- **Tarjeta Interfaz de Red.**
- **Repetidor:** dispositivo que amplifica y regenera las señales.
- **Transceiver:** este dispositivo es una caja de conexión que se coloca en el cable físico para conectar a la estación de trabajo.
- **Cable Ethernet grueso:** el cable que usa la Ethernet gruesa es un cable coaxial de 50 ohmios y 0,4 pulgadas de diámetro denominado RG-8.
- **Terminador:** cada segmento de cable debe disponer de un terminador de 50 ohmios.

Como se menciono anteriormente la longitud máxima del segmento de tramo principal es de 500 m, con la limitación de que la distancia máxima entre la estación y el transceiver no sea mayor a 50 m; los transceiver se conectan a los segmentos principales.

Hoy en día el uso más común de 10 Base-5 apunta a lo que se llama "Backbone" que básicamente consiste en conectar varios HUB (concentradores de cableado).

2.4.1.1.2.2 10 Base - 2

Esta topología, utiliza un cable coaxial fino RG-58 A/U, con una configuración tipo bus, este cable es más fácil de maniobrar que el Ethernet grueso y no requiere el uso de transceiver en las estaciones de trabajo, también es más barata pero la longitud máxima del segmento es de 200 m.

Los principales componentes de una red Ethernet fina son:

- **Tarjeta Interfaz de Red:** Muchas tarjetas Ethernet soportan cables gruesos o finos.

- **Cable Ethernet Fino:** El cable que usa la Red Ethernet fina es un cable coaxial RG-58 A/U o RG-58 C/U de 0,2 pulgadas de diámetro y 50 ohmios.
- **Conectores BNC para el cable:** En los extremos de todos los segmentos del cable hay que montar conectores BNC.
- **Conectores BNC en T:** Los conectores en T se fijan al conector BNC de la parte posterior de las placas de interfaz Ethernet.
- **Conectores Aereos BNC:** Estos se usan para unir dos segmentos de cable.
- **Terminadores BNC:** Cada segmento de cable debe acabar en ambos extremos con un terminador BNC de 50 ohmios.

La longitud máxima de segmento del tendido principal es de 185 m por lo que se usan conectores en T, para conectar el cable a las tarjetas interfaz de red. Se pueden conectar hasta cinco tramos principales usando cuatro repetidores. Sólo pueden conectarse estaciones en tres de los segmentos. El resto se usa para cubrir una mayor distancia. El número total de nodos de todos los segmentos no puede exceder de 1024.

2.4.1.1.2.3 10 Base-T

El estándar 10 Base-T ofrece muchas de las ventajas del Ethernet sin la necesidad de usar el cable coaxial, sino de volver al par trenzado de cobre. Además permite una topología en estrella o distribuida para grupos de estaciones en distintas áreas de trabajo.

Cada estación de trabajo se encuentra conectada a un hub central, el cual actúa como un repetidor. Cuando llega una señal de una estación, el hub la difunde por todas las líneas de salida. Se pueden conectar los hubs a otros hubs formando una configuración jerárquica. Las estaciones de trabajo se conectan con un segmento de par trenzado sin apantallar (UTP) que no puede exceder los 100 metros de longitud.

10 Base-T usa dos pares de hilos, de los cuales uno es para transmisión y el otro es para recepción utilizando un conector RJ-45 de 8 pines, todos los cables deben ser de categoría 5.

2.4.1.1.3 Dispositivos de Conectividad LAN

Los dispositivos de conectividad LAN permiten que distintas LANs instaladas en un mismo entorno se interconecten y en otros casos, la conexión a un medio de transmisión más completo.

Estos dispositivos son:

Repetidor (Hub).- este dispositivo es el más rápido. Se usa para extender las longitudes físicas de las redes, pero no contiene inteligencia para funciones de enrutamiento. Un repetidor se utiliza cuando dos segmentos están acercándose a sus longitudes físicas máximas.

Puente (Bridge).- el puente trabaja en las capas físicas y de enlace de datos del modelo de referencia OSI y prueba la transferencia de paquetes entre las redes. Con el empleo de un puente la información se intercambia entre los nodos por medio de direcciones físicas.

Enrutador (Router).- este dispositivo se emplea para traducir información de una red a otra. La información se intercambia mediante direcciones lógicas. El enrutador funciona en la capa de red del modelo de referencia OSI y del modelo TCP/IP.

Compuerta (Gateway).- se conoce también como convertidor de protocolo y se emplea como interfaz de protocolos de redes diferentes. El gateway se utiliza en una variedad de aplicaciones donde las computadoras de diferentes manufacturas y tecnologías deben comunicarse.

La información que pasa a través de los gateways es información par a par que viene de las aplicaciones, de las interfaces y de los programas del usuario final. Estos dispositivos son lentos y delicados por lo que no se requiere para una alta velocidad de intercambio de información.

Conmutador de datos (Switch).- El punto intermedio entre repetidoras y router son dispositivos usados para proveer un enlace dedicado de alta velocidad entre segmentos de redes de cómputo. Los sistemas generalmente se utilizan en aplicaciones en las que el tráfico de una serie de estaciones de trabajo necesitan alcanzar un simple servidor.

Los switches de datos, se emplean al conectar redes que accedan y compartan datos entre la misma serie de servidores de archivos y estaciones de trabajo.

2.4.1.2 Fast Ethernet

Fast Ethernet se crea como respuesta a la demanda de mayores anchos de banda, ayudando así a las conexiones de las nuevas aplicaciones. Fast Ethernet es más rápida que Ethernet debido a sus configuraciones.

Además 100BaseT como se le conoce a Fast Ethernet mantiene un valor pequeño en el tiempo de la propagación reduciendo la distancia viajada. Fast Ethernet reduce el tiempo de transmisión de cada bit que es transmitido

La subcapa MAC de 100BaseT está basada en el protocolo CSMA/CD. A grandes rasgos, CSMA/CD permite que una estación pueda enviar datos cuando detecta que la red está libre. Si la red no está libre, entonces la estación no transmite. Si múltiples estaciones comienzan a enviar datos al mismo tiempo, porque todas detectaron que la red estaba libre, hay entonces una colisión perceptible. En este caso, cada estación espera un tiempo aleatorio e intenta enviar los datos de nuevo.

La capa física es la responsable del transporte de los datos hacia y fuera del dispositivo conectado. Su trabajo incluye el codificado y decodificado de los datos, la detección de portadora, detección de colisiones.

La comunicación Full-Duplex para 100BaseTX y 100BaseFX es llevada a cabo desactivando la detección de las colisiones y las funciones de loopback, esto es necesario para asegurar una comunicación fiable en la red.

2.4.1.3 Interfaz de Datos Distribuida por Fibra (FDDI)

Interfaz de Datos Distribuida por Fibra (FDDI) fue desarrollada a mediados de los años 80; específicamente en 1984 donde la ANSI publicó normas para estaciones de trabajo de alta velocidad (100 Mbps), ya que habían llevado al límite de sus posibilidades las capacidades de las tecnologías Ethernet y Token Ring.

La FDDI tiene mayor confiabilidad y seguridad, a más de tener mayores anchos de banda y mayores velocidades de operación que Ethernet y los anillos de testigo (Token Ring). La mayor confiabilidad se puede atribuir al medio de transmisión que es la fibra óptica. Una de las ventajas también existente es que las redes LAN con FDDI pueden tener hasta 500 nodos separados por 2 km, y todo el medio puede abarcar una distancia total hasta de 200 km.

En FDDI se pueden usar dos tipos de nodos: de conexión única y de conexión dual. Este tipo de redes acepta la asignación en tiempo real del ancho de banda de la red, mediante la definición de dos tipos de tráfico:

Tráfico Síncrono.- Puede consumir una porción del ancho de banda total de 100 Mbps de una red FDDI, mientras que el tráfico asíncrono puede consumir el resto.

Tráfico Asíncrono.- Se asigna utilizando un esquema de prioridad de ocho niveles. A cada estación se asigna un nivel de prioridad asíncrono.

FDDI se basa en la arquitectura OSI y su especificación se divide en cuatro capas.

- **PMD (Physical Media Dependent).**- la dependencia del medio físico, especifica las señales ópticas y formas de onda a circular por el cableado.
- **PHY (Physical Layer Protocol).**- el protocolo de la capa física se encarga de la codificación y decodificación de las señales así como de la sincronización.
- **MAC (Media Access Control).**- la función del control de acceso al medio es la programación y transferencia de datos hacia y desde el anillo FDDI, así como la estructuración de los paquetes, reconocimiento de direcciones de estaciones.
- **SMT (Station Management).**- se encarga de la configuración inicial del anillo FDDI, gestión de la red, y monitorización y recuperación de errores.

Las tramas principales que se usan en FDDI son:

- a) **Preámbulo:** que prepara cada estación para recibir la trama entrante.
- b) **Delimitador de inicio:** que indica el comienzo de una trama, y está formado por patrones de señalización que lo distinguen del resto de la trama.
- c) **Control de trama:** que contiene el tamaño de los campos de dirección.
- d) **Dirección destino** que contiene la dirección física (6 bytes) de la máquina destino, pudiendo ser una dirección unicast (singular), multicast (grupal) o broadcast (cada estación).
- e) **Dirección origen:** que contiene la dirección física (6 bytes) de la máquina que envió la trama.
- f) **Secuencia de verificación de trama (FCS):** campo que completa la estación origen con una verificación por redundancia cíclica calculada, cuyo valor depende del contenido de la trama.
- g) **Delimitador de fin:** que contiene símbolos que indican el fin de la trama.
- h) **Estado de la trama:** que permite que la estación origen determine si se ha producido un error y si la estación receptora reconoció y copió la trama.

2.4.1.4 Gigabit Ethernet

Estas tecnologías y protocolos se combinan para hacer a Gigabit Ethernet una solución sumamente atractiva para la entrega de vídeo y tráfico multimedia.

Gigabit Ethernet es una extensión a las normas de 10-Mbps y 100-Mbps. Ofreciendo un ancho de banda de 1000 Mbps, Gigabit Ethernet mantiene compatibilidad completa con la base instalada de nodos Ethernet.

Soporta nuevos modos de operación Full-Duplex para conexiones entre conmutadores y también para conexiones entre conmutador y estación

Mientras que usa modos de operación Half-Duplex para conexiones compartidas que usan repetidores y los métodos de acceso CSMA/CD. Inicialmente operando sobre fibra óptica, Gigabit Ethernet también podrá usar cableados de par trenzado sin apantallar (UTP) y coaxiales de Categoría 5.

Las implementaciones iniciales de Gigabit Ethernet emplearán fibra óptica de gran velocidad y los respectivos componentes ópticos para la señalización sobre la fibra óptica. Está reforzándose la tecnología de fibra actual que opera a 1000-Mbps, para enlaces a largas distancias (superiores a los 2 Km), usando para ello fibra monomodo.

Las características importantes en la norma Gigabit Ethernet son:

- Permite Half y Full Duplex a velocidades de 1000 Mbps.
- Usa los métodos de acceso CSMA/CD con soporte para un repetidor por dominio de colisión.
- Mantiene una total compatibilidad con las tecnologías 10BaseT y 100BaseT.

CAPITULO 3

3 INTRODUCCIÓN

Antes de la década de los noventa, los sistemas de televisión por cable estaban dirigidos al transporte de una variedad de señales de entretenimiento a los abonados o suscriptores.

Solo se necesitaban caminos de transmisión de una sola vía desde un sitio central, el cual es llamado Cabecera o Head End, hasta cada uno de los hogares de los abonados; enviando la misma señal a todos ellos. Las señales deben ser generadas para ser utilizadas por los equipos electrónicos existentes dentro del sistema y operando en cualquiera de los estándares técnicos de Televisión.

La idea original de la televisión por cable era enviar señales por medio de un sistema llamado Antenas de Televisión Comunitaria CATV (Community Antenna Tele Visión) por sus siglas en ingles. El sistema nació para cubrir la necesidad de recepción de señales de TV para aquellos lugares bien alejados de los centros de emisión de las señales o tal vez que se encuentran separados por obstáculos geográficos naturales, recurriendo a la utilización de dicha antena que ubicada a una gran altura provee la señal distribuida a toda la comunidad por un cable coaxial que los vincula.

Las redes de CATV utilizan la banda de frecuencias comprendida entre 5 y 862 MHz. (5-55/65 MHz para el canal de retorno y 86-862 MHz para el canal principal), proporcionando la posibilidad de distribución de un gran número de canales.

Los cálculos de la red se debe realizar bajo la premisa de que el número de canales a distribuir es muy elevado (40 o 60 canales), aunque inicialmente no sea así. De esta manera, una posterior ampliación del número de canales no repercutirá en la red de distribución, sino solamente en la generación de los mismos.

Como todo sistema de cable, se debe considerar la necesidad del mantenimiento de la red. Si bien los equipos utilizados tienen características profesionales, es necesaria una labor de mantenimiento no solo para comprobar la existencia de posibles anomalías en los equipos, sino para verificar que la red sigue proporcionando los parámetros de calidad exigidos.

3.1 ANALISIS DEL CABLE OPERADOR LOCAL

Es muy importante saber cómo se encuentra estructurado el cable operador local, por lo que se recurrió a usar el Art. 16 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, establecido por el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL), que se encuentra en el Anexo 2 del Texto.

En dicho anexo se exige que se llenen los formatos 1, 3 y 3.1 los cuales se presentan a continuación con su respectivo detalle.

Se realizó un amplio análisis de la constitución y de los equipos que se encuentran ubicados en la sede de ellos. Los formatos que se presentan a continuación fueron llenados en conjunto por lo que se presenta la información necesaria para el estudio y guardando información confidencial de TERACOM S.A.

SOLICITUD PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE INGENIERIA
DE UN SISTEMA DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN
“TERACOM S.A.”
DEL SEÑOR ING. LUIS BUSTAMANTE EGAS

Realizado por:

Diego Bermeo T.

3.2 FORMATO 1

AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCION

CLASE DE ESTACION O SISTEMA

1) Nombre del peticionario: Ing. Luis Bustamante Egas.

2) Clase de estación:

Audio y video por suscripción, mediante Redes de cable o fibra óptica
(Televisión por cable): SI x NO

Audio y video por suscripción, mediante utilización de los canales altos de UHF-
TV (Televisión Codificada): SI NO

Audio y video por suscripción, mediante Sistemas de Distribución Multicanal-
Multipunto (MMDS): SI NO

Audio y video por suscripción, mediante Sistemas de Distribución Multipunto
Local (TV Celular), en la banda de... a... GHz: SI NO

Audio y video por suscripción, mediante Sistemas satelitales (DTH):
SI NO

Audio y video por suscripción, mediante Sistemas de radiodifusión (Venta de
Música): SI NO

Otros (describir):

3.3 FORMATO 3

AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCION

ESTUDIO DE INGENIERIA

Nombre del peticionario: Ing. Luis Bustamante Egas.

1. DECLARACION DEL PROFESIONAL:

Yo _____, ingeniero en Electrónica y con matrícula _____ del CIEELA, declaro que el estudio de ingeniería, planos de equipos e instalaciones y demás documentación técnica los presento bajo mi responsabilidad; y manifiesto que conozco la Ley de Radiodifusión y Televisión, su Reglamento General, la Norma Técnica para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica y el Reglamento para Sistemas de Audio y Video por suscripción.

2. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

SOLICITANTE

Nombre: Ing. Luis Bustamante Egas.

Teléfono: 2 914 522.

Dirección: Av. Machala 123 entre Bolívar y Azuay, Pasaje, provincia de El Oro.

2.1 ANTECEDENTES

El Ing. Luis Bustamante Egas desea realizar un estudio Técnico de un sistema de CATV en Pasaje, provincia de El Oro, motivo por el cual se presenta este estudio técnico. El sistema consta con un Cabecera (Head End) en la ciudad de Pasaje y desde aquí mediante cable coaxial se constituirá la Red troncal por puntos ya antes establecidos, con el fin de llegar a los abonados de dicha ciudad. La red de distribución se puede apreciar en la Figura 3-1, donde se partirá con una red coaxial para llegar a los abonados.

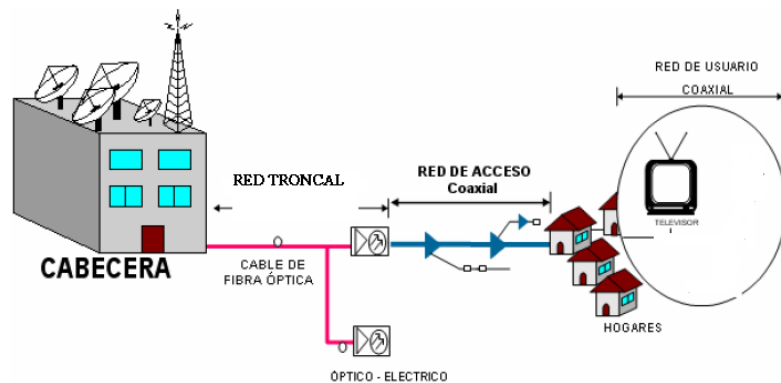


Figura 3-1 Esquema de la red Coaxial de "TERACOM S.A."

Fuente: El autor

La característica fundamental de los sistemas de CATV es la alta calidad de las señales entregadas al usuario. El sistema captador de señales es único para toda la red y está constituido con equipamiento profesional. De la misma manera la red de distribución de la señal desde el sistema de captación hasta la toma de usuario se realiza siguiendo el criterio de proporcionar la máxima calidad. Además, el sistema permite incorporar programas generados localmente.

El sistema tendrá la capacidad de retransmitir 60 canales entre nacionales e internacionales para brindar una alta gama de opciones a los abonados.

2.2 DESCRIPCION Y CONFIGURACION DE LA RED POR CABLE.

DESCRIPCIÓN DE LA RED POR CABLE.

La red por cable es la encargada de transportar todas las señales en difusión, desde la cabecera (Head End) de radio frecuencia (RF) de los receptores de televisión hacia la ubicación de los usuarios del servicio, con la suficiente potencia para producir una excelente imagen y fidelidad del audio.

Para cumplir con el objetivo de tener una buena calidad en el audio y video, el balance de las señales transmitidas desde la cabecera deberá compensar las pérdidas de aislamiento e inserción que se encuentra inmersa dentro de la red, además deberá la señal ser lo suficientemente fuerte para superar las pérdidas en los cables y en los componentes de ella.

CONFIGURACIÓN DE LA RED POR CABLE.

La principal configuración de la red por cable es de tipo árbol y está compuesta de las siguientes partes:

- La Red Troncal Coaxial
- La Red de Distribución
- La Red de Abonado

Red Troncal Coaxial

La Red Troncal Coaxial está constituida para este caso en particular con cable coaxial RG-500, con lo que se sigue con las recomendaciones que nos realiza la resolución del CONARTEL, incluidas en el Anexo 1.

Utiliza amplificadores troncales, generalmente de gran nivel de salida y baja ganancia, colocados en cascada entre tramos de cable coaxial para compensar las pérdidas de éste, de forma que el balance final de ganancias y pérdidas sea positivo.

Existe una limitación a la distancia máxima que se puede cubrir con la línea troncal, ya que existe un número máximo de amplificadores en cascada que se pueden colocar, debido al ruido que introduce cada amplificador y al nivel de calidad mínimo exigido a la entrada de la línea de distribución.

El cable coaxial transporta no sólo las señales correspondientes a los diferentes canales sino también una tensión de corriente alterna que se utiliza para tele alimentar a todos los amplificadores de la red, los cuales la transformarán a la tensión continua necesaria para su funcionamiento.

Red de Distribución

La red de distribución se la realizó con cable coaxial RG-11 con más de 60 % de malla, se instalaron amplificadores aproximadamente cada 200 mts. para mantener la calidad de la señal.

La red de distribución también incluye elementos pasivos como divisores y derivadores de diferentes atenuaciones de acuerdo a la distancia del amplificador al que se encuentran conectados.

Red de Abonado

La red de abonado está constituida por cable coaxial RG-6 con más de 60% de malla de cubierta.

ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE LA RED

La red está diseñada para Enviar señales de TV en la banda downstream de 54-860 y bajo el estándar de televisión vigente en nuestro país NTSC. Todavía no se provee la utilización de la banda de subida.

Otro aspecto importante es que los equipos que forman las líneas troncales y de distribución de las redes de CATV están especialmente diseñados para trabajar en condiciones ambientales hostiles, y por lo tanto han de estar protegidos contra grandes variaciones de temperatura, humedad, etc.

3. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO QUE SE OFRECERÁ A LOS USUARIOS DEL SISTEMA

Mediante la utilización del sistema descrito en términos generales anteriormente, se proporcionará a la población urbana las señales de televisión y su programación, de acuerdo al cuadro de que se mencionará más adelante, así como su respectiva procedencia.

Las estaciones de televisión que se escogieron, mantienen una variada programación diaria la cual se brindará a los abonados de manera continua; los temas de programación que se emiten y se pueden rescatar son:

- Entretenimiento
- Deportivas
- Culturales
- Noticieros
- Científicos
- Hogareños

**4. DATOS DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA (S) ESTACIÓN (ES):
LOCALIDAD, DIRECCIÓN Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS.
DESCRIPCIÓN DE SU FUNCIÓN EN EL SISTEMA**

Todas las estaciones utilizadas por el sistema se encuentran ubicadas en un mismo sitio, en un área no mayor a 400 m², a continuación se citará la dirección del lugar donde se encuentran las oficinas y el Head End de TERACOM S.A.

DIRECCION:

De la misma manera se citan las coordenadas exactas del lugar en donde se encuentran las antenas de recepción y toda la cabecera (Figura 3-2).

LATITUD: 3 ° 19' 28,24" S

LONGITUD: 79 ° 48' 4,80" W



Figura 3-2 Localización de "TERACOM S.A."

Fuente: El autor

5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA

ANTENAS

En la Tabla 3-1 se presenta las características más importantes de las distintas antenas que conforman el sistema.

EQUIPO	SATÉLITE	DIÁMETRO (m)	BANDA	GAIN (dB)	RASTREO
Antena 1	PAS1/Malla	4,10	C	39,48	Manual
Antena 2	PAS3/Malla	4,00	C	39,48	Manual
Antena 3	PAS9/Malla	7,00	C	39,48	Manual
Antena 4	INTEL 805/Malla	4,00	C	39,48	Manual
Antena 5	INTEL 806/Malla	4,00	C	39,48	Manual
Antena 6	SATMEX 5/Sólida	4,00	C	39,48	Manual
Antena 7	HISPANSAT/Sólida	1,20	Ku	40,21	Manual
Antena 8	DIRECTV1/Sólida	0,80	C	39,48	Manual
Antena 9	DIRECTV2/Sólida	0,80	C	39,48	Manual

Tabla 3-1 Características de las Antenas

Fuente: El autor

RECEPTOR/DECODIFICADOR

MARCA	MODELO	CANTIDAD
MOTOROLA	DSR-4402X	5
PICO MACOM	P146124018	3
POWER V _u	D9835	16
DIRECTV	-----	3
POWER VU	D9850	3
PANSAT	2500A	1
FORTEC STAR	MERCURY II	1

Tabla 3-2 Lista de Receptores

Fuente: El autor

Marca/Modelo Fortec Mercury II y Power VU 9835

LNB/Tuner Input

Conector IEC 169-24 Hembra

Frecuencia de entrada 950 a 2150 MHz

Alimentación AC 100-240 V, 50/60 Hz

Consumo 30 W

Alimentación del LNB 13 a 18 V, max 500 mA

Control cambio del LNB 22 KHz, 0/12V

Demodulador

Señal	QPSK
Velocidad de símbolo	2 a 45 Msps
Inversión Espectral	Auto conversión

Decodificación de video

MPEG-2	Main Profile @ Main Level
Modo audio	mono, dual, stereo y stereo joint
Velocidad de datos	> 15 Mbytes/seg
Resolución	720x576, 720x480
Formato de video	NTSC, PAL
Formato de imagen	4:3 ó 16:9

Características del sistema

SDRAM (memoria RAM dinámica)	2 Mbytes
RAM	1 Mbytes
EEPROM	2 Kbytes
FLASH	1 Mbyte

Es compatible con las normas MPEG-2 y DVB de compresión de señales digitales. Recibe las señales satelitales libres y además posee una guía de programación electrónica. Recepción flexible (SCPC/MCPC/banda ku/banda C).

Marca/Modelo	Motorola DSR-4402X
---------------------	--------------------

LNB/Tuner Input

Conector	Tipo F
Frecuencia de entrada	950 a 2150 MHz
Alimentación	AC 100-240 V, 50/60 Hz
Insolación Puerto A Puerto	40 dB
Alimentación del LNB	16 VDC, max 450 mA
Control cambio del LNB	22 KHz, 0/12V

Demodulador

Señal	QPSK
Velocidad de símbolo	3.25 a 30 Msps

Decodificación de video

Formato de video	NTSC, PAL
Limite Signal/Noise	57 dB min
Nivel de Salida	1.0 V p-p
Impedancia de salida	75 Ω

MODULADOR

TIPO	MARCA	CANTIDAD
FIJOS	PICO MACOM PCM550	45

Tabla 3-3 Cantidad Total de Moduladores

Fuente: El autor

Marca/Modelo	PICOMACOM PCM550
Características RF	
Rango de frecuencia	54 -1000 MHz
Canales	VHF/CATV
Nivel de salida	+55 dBmV
Rango de salida ajustable	12 dB
Estabilidad de la frecuencia	± 10 KHz
Video	
Nivel de entrada de video	0.5 V _{pp}
Relación señal/ruido visual	58 dB a 4 MHz
Frecuencia de respuesta	± 1.5 dB, 30 Hz a 4 MHz
Ganancia diferencial	< 5%
Fase diferencial	< 5%
Audio	
Impedancia de salida	600 Ω desbalanceados
Nivel de entrada de audio	140 mV _{RMS}
Pre-énfasis	75 μ s
Frecuencia de respuesta	15 Hz a 15 KHz

COMBINADOR

MARCA	MODELO	PUERTOS	CANTIDAD
PICO MACOM	PHC 24-G PÀSIVO 1G	24	3

Tabla 3-4 Cantidad Total de Combinadores

Fuente: El autor

Marca/Modelo	PICOMACOM PHC 24-G
Rango de frecuencia	5 - 1000 MHz
Aislamiento entre puertos	30 dB nominal
Pérdida de inserción	21 dB
Entradas	24 canales
Conector	Tipo F

CABLE COAXIAL

Cable Troncal RG 500	COMMSCOPE
Resistencia DC, conductor central	30.4 Ω / Km
Resistencia DC, conductor exterior	9.22 Ω / Km
Resistencia DC, lazo	39.6 Ω / Km
Impedancia	75 $\pm$ 3 Ω
Velocidad de propagación	85 %
Capacitancia	53.2 pF/m

MARCA	CANTIDAD
COMMSCOPE	42,45 Km

Tabla 3-5 Cantidad total de Cable Coaxial RG 500

Fuente: El autor

Cable de abonado RG 11	BELDEM
Resistencia DC, conductor central	48.2 Ω / Km
Resistencia DC, conductor exterior	11.7 Ω / Km
Resistencia DC, lazo	59.9 Ω / Km
Impedancia	75 $\pm$ 3 Ω
Velocidad de propagación	82 %
Capacitancia	16.2 pF/m

MARCA	CANTIDAD
BELDEM	15 Km

Tabla 3-6 Cantidad total de Cable Coaxial RG 11

Fuente: El autor

6. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE LAS SEÑALES;

Dentro de las características de las señales podemos destacar o mencionar que existen señales:

- Señales TVRO.- Estación terrena de recepción solamente de señales de televisión.
- Señales OFF-AIR.- Estaciones de recepción de señales de televisión en el aire VHF y UHF.

Dichas señales serán trasladadas a los domicilios de los abonados del sistema, mediante una red de coaxial que anteriormente describimos; con sus respectivos accesorios de transmisión amplificación y distribución.

La cabecera del sistema está instalada en la ciudad de Pasaje y consta de:

- Segmentos Satelitales
- Estaciones TVRO
- Estaciones Off-Air
- Red de Coaxial

6.1 SEGMENTOS SATELITALES Y SU PROCEDENCIA.

El sistema utiliza los segmentos de los satélites que se indican a continuación, de acuerdo al formato 3.1.

El sistema retransmite las señales de televisión abiertas y codificadas en difusión broadcast.

6.2 ESTACIONES TVRO.

La recepción de señales en difusión de los satélites, se realiza mediante estaciones terrenas de solamente recepción de señales de televisión.

A continuación se presenta una lista de los equipos con lo que se encuentran formadas las estaciones de TVRO:

- Antenas Parabólicas
- Cables Coaxiales de alimentación de Antena
- Divisores de Señal Pasivos de varias vías (Splitters)
- Receptores Satelitales
- Moduladores
- Jumpers para Audio y Vides
- Power Inserter
- Fuente de Energía

A continuación se presentan los diagramas de bloques para las diferentes estaciones TVRO de acuerdo al satélite utilizado y a los canales que se va a difundir.

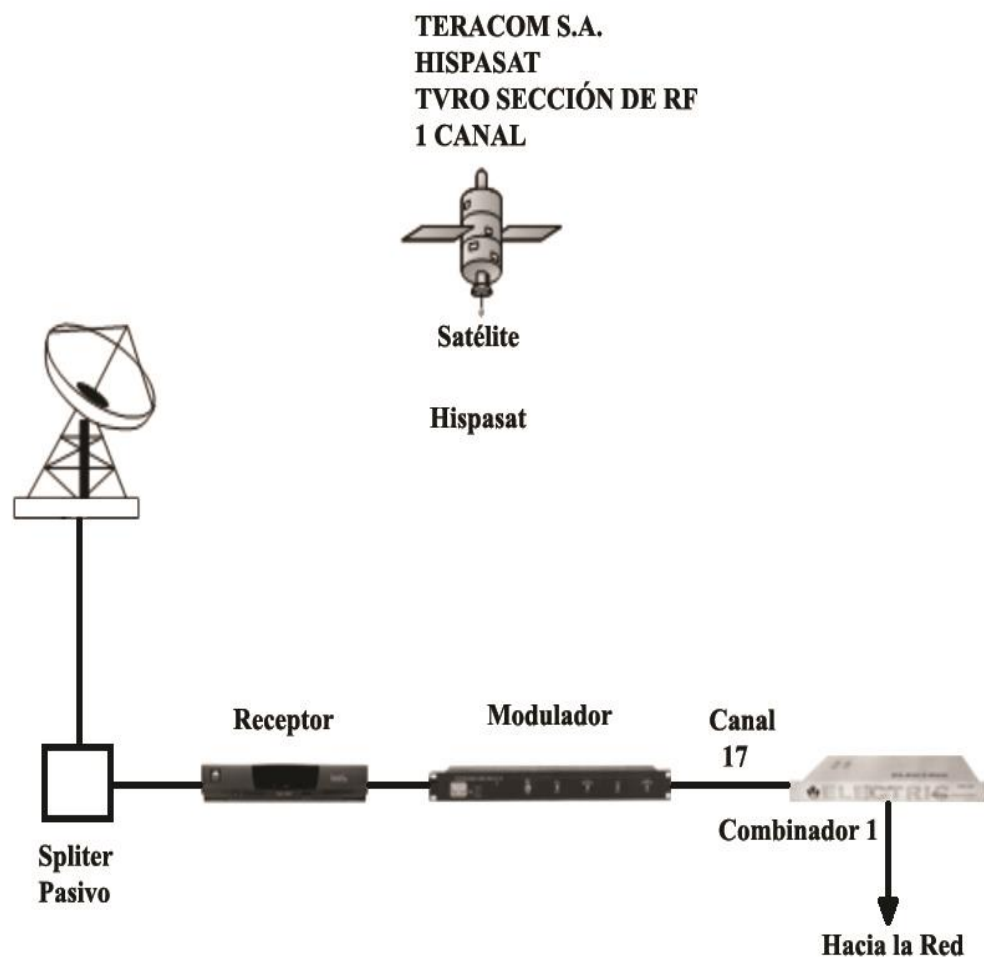
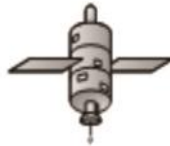


DIAGRAMA DE BLOQUE 1

Fuente: El autor

TERACOM S.A.
INTELSAT 805
TVRO SECCIÓN DE RF
4 CANALES



Satélite

Intelsat 805

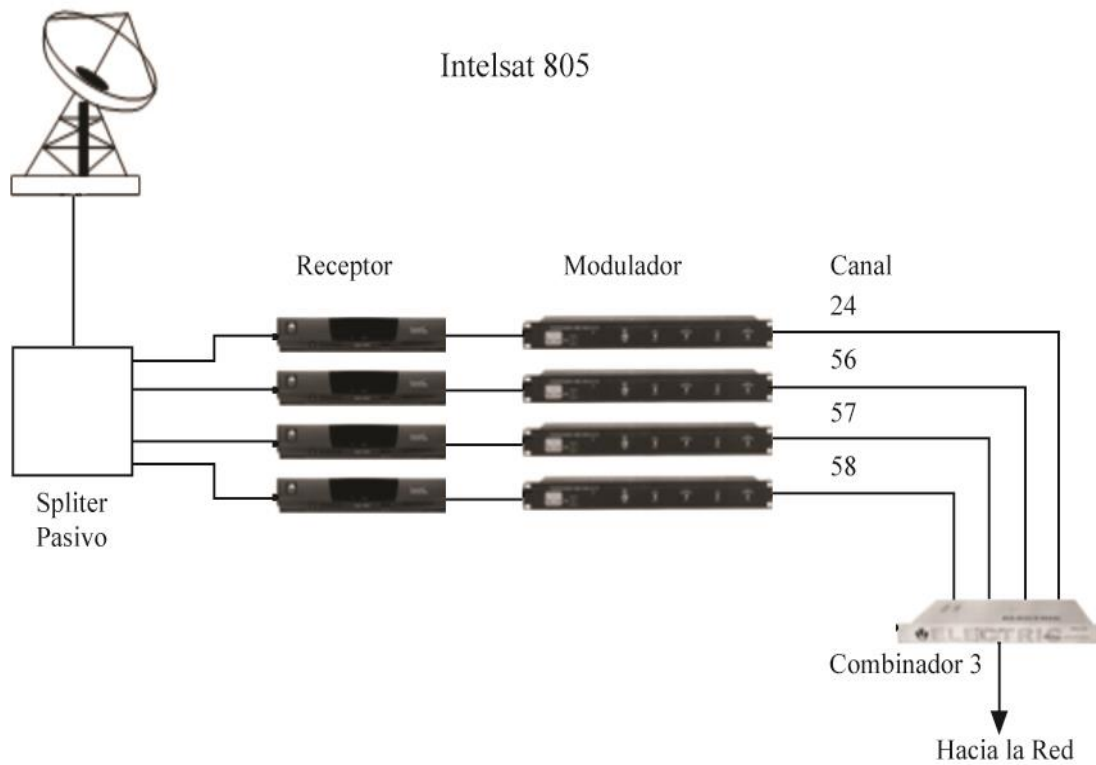


DIAGRAMA DE BLOQUE 2

Fuente: El autor

TERACOM S.A.
 INTELSAT 806
 TVRO SECCIÓN DE RF
 7 CANALES



Satélite

Intelsat 806

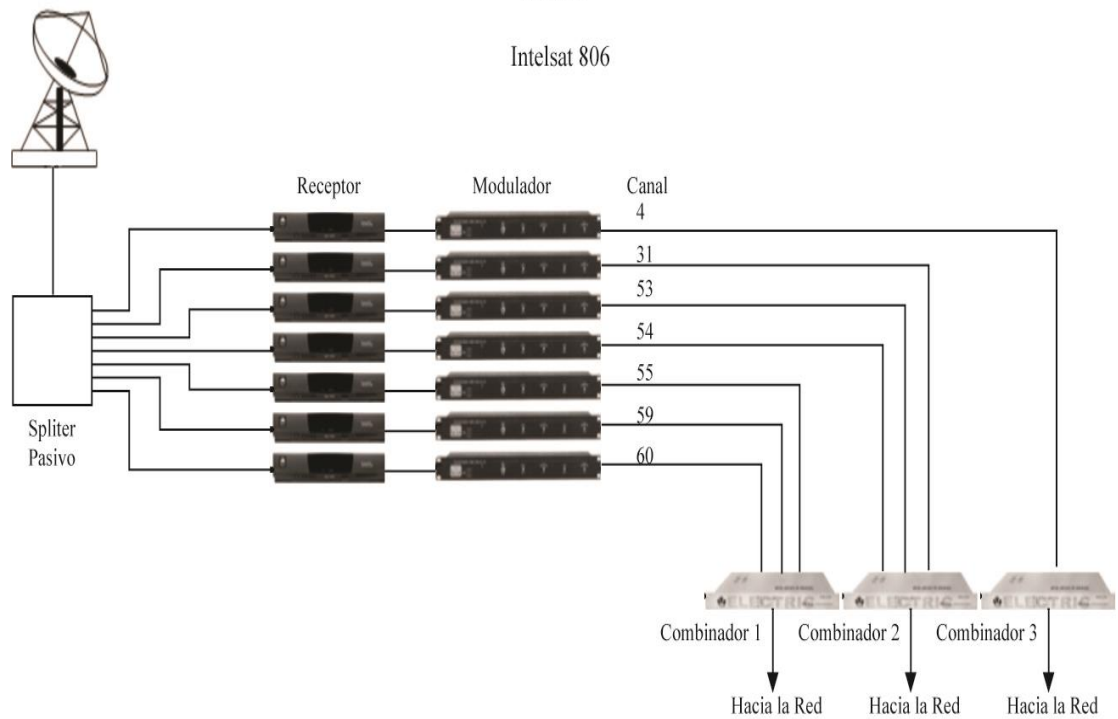


DIAGRAMA DE BLOQUE 3

Fuente: El autor

TERACOM S.A.
GALAXI DRTV1
TVRO SECCIÓN DE RF
2 CANALES



Satélite

Galaxi DRTV 1

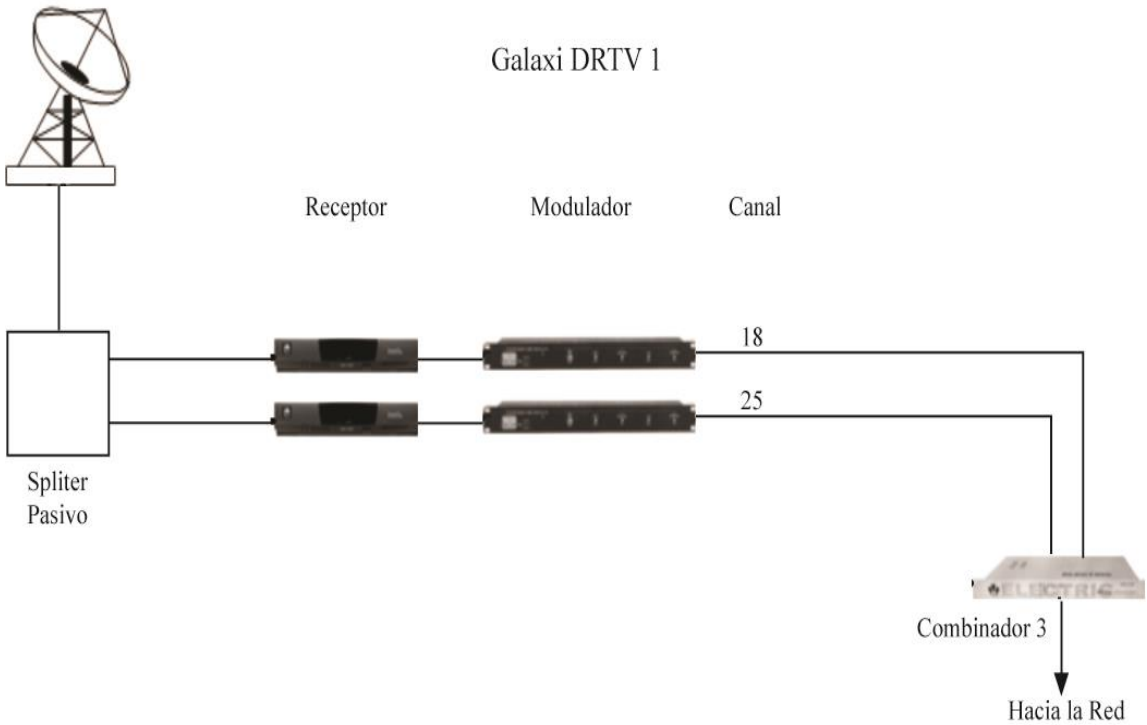


DIAGRAMA DE BLOQUE 4

Fuente: El autor

TERACOM S.A.
 GALAXI DRTV 2
 TVRO SECCIÓN DE RF
 2 CANALES



Satélite

Galaxi DRTV 2

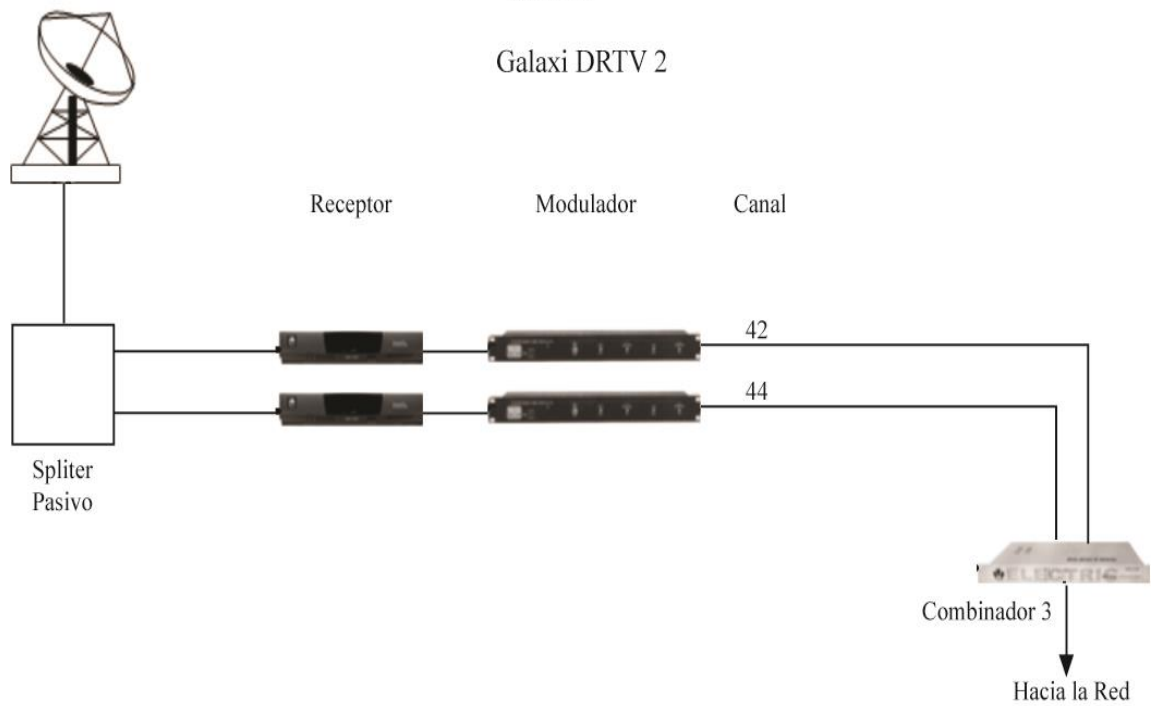
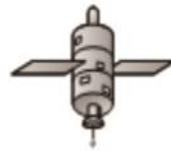


DIAGRAMA DE BLOQUE 5

Fuente: El autor

TERACOM S.A.
PAS 1
TVRO SECCIÓN DE RF
4 CANALES



Satélite

PAS 1

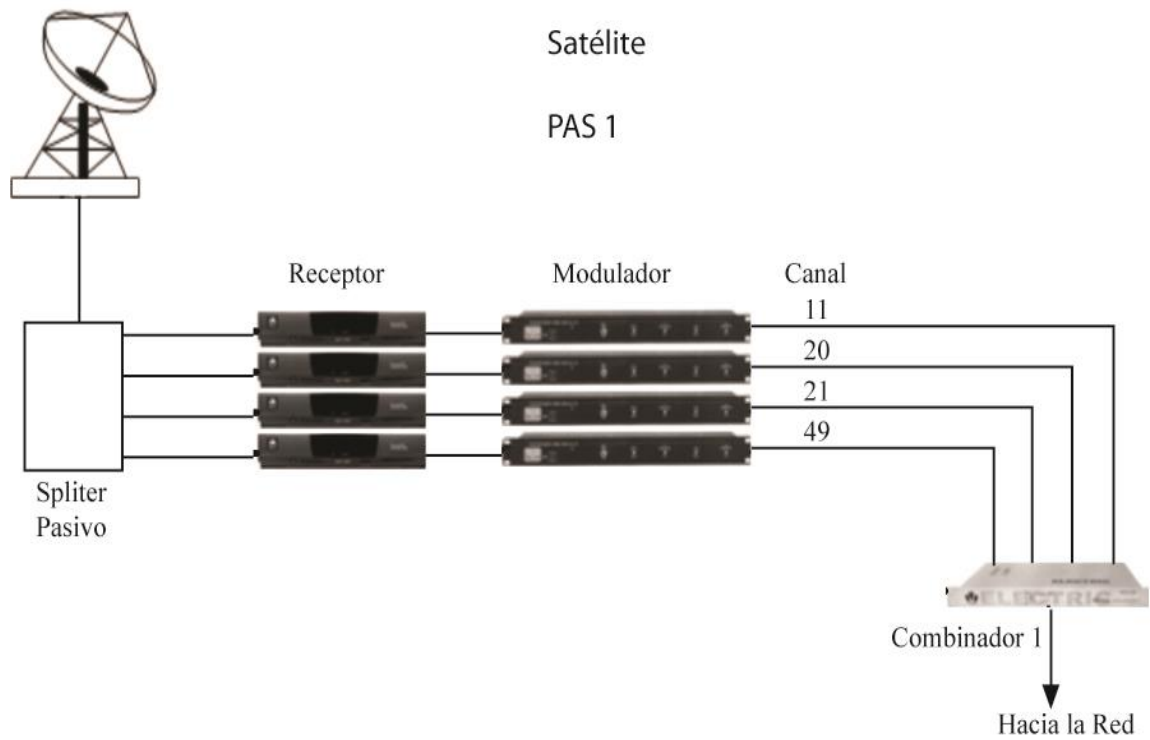
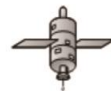


DIAGRAMA DE BLOQUE 6

Fuente: El autor

TERACOM S.A.
PAS 3
TVRO SECCIÓN DE RF
16 CANALES



Satélite

PAS 3

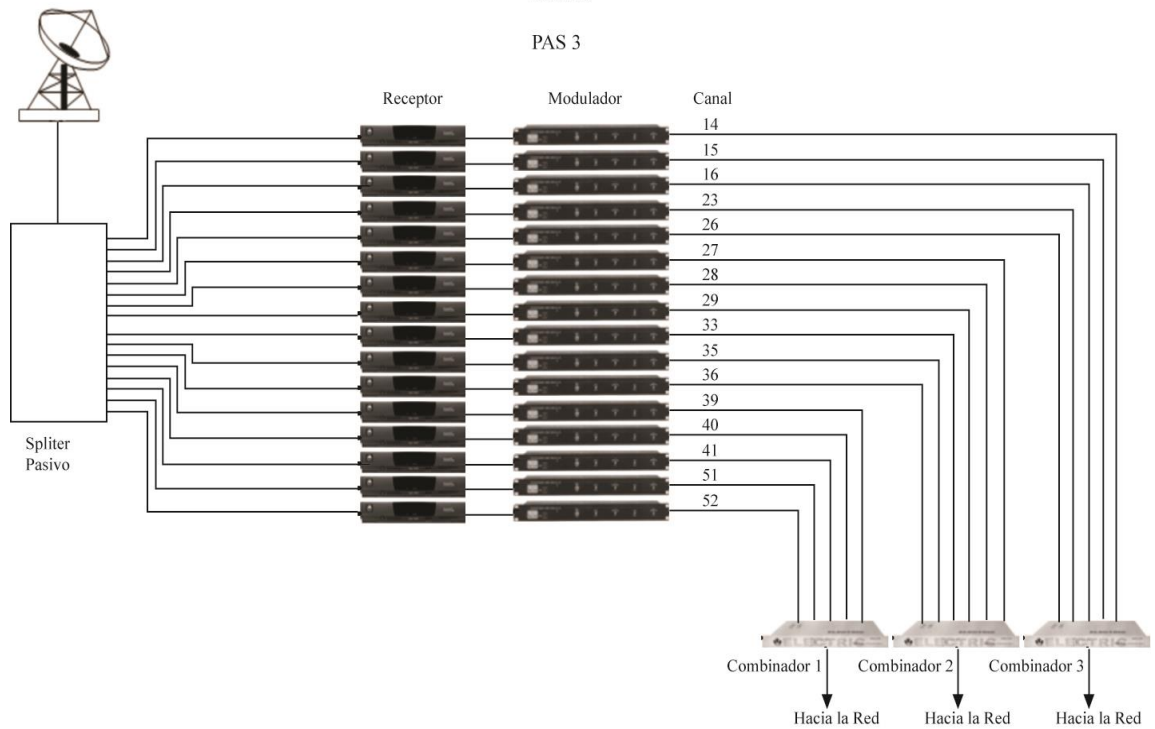
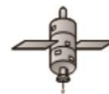


DIAGRAMA DE BLOQUE 7

Fuente: El autor

TERACOM S.A.
PAS 9
TVRO SECCIÓN DE RF
13 CANALES



Satélite

PAS 9

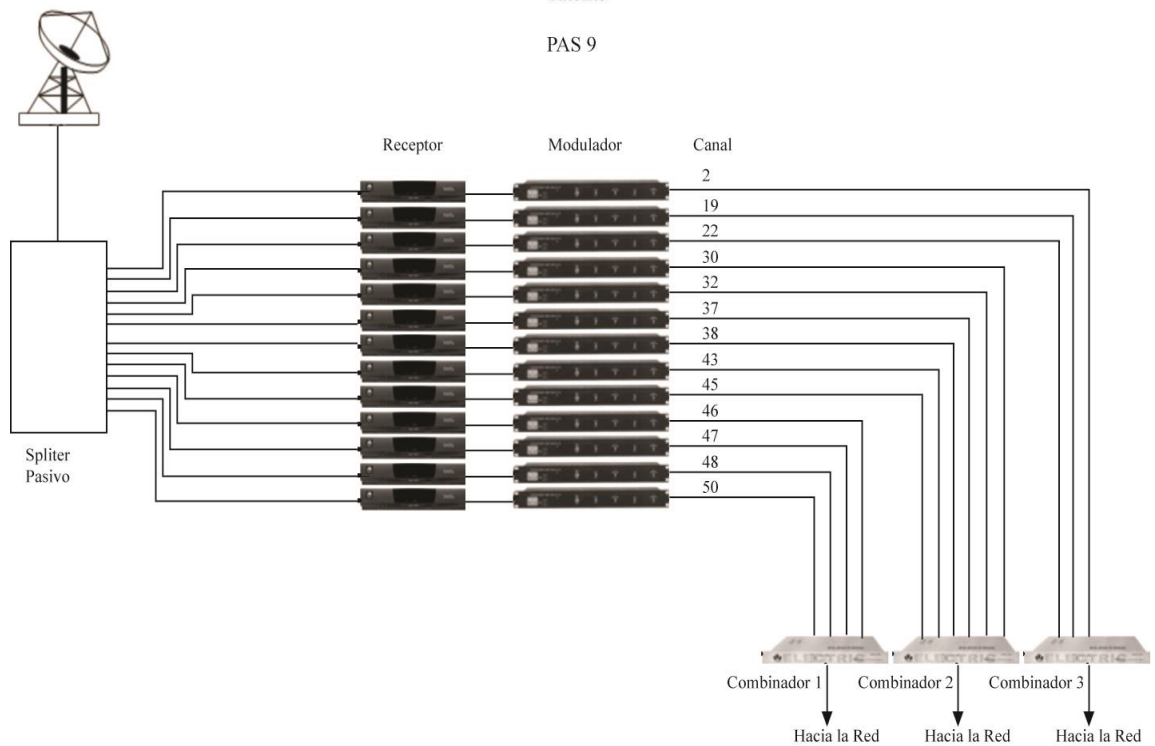


DIAGRAMA DE BLOQUE 8

Fuente: El autor

TERACOM S.A.
OFF AIR VHF
9 CANALES

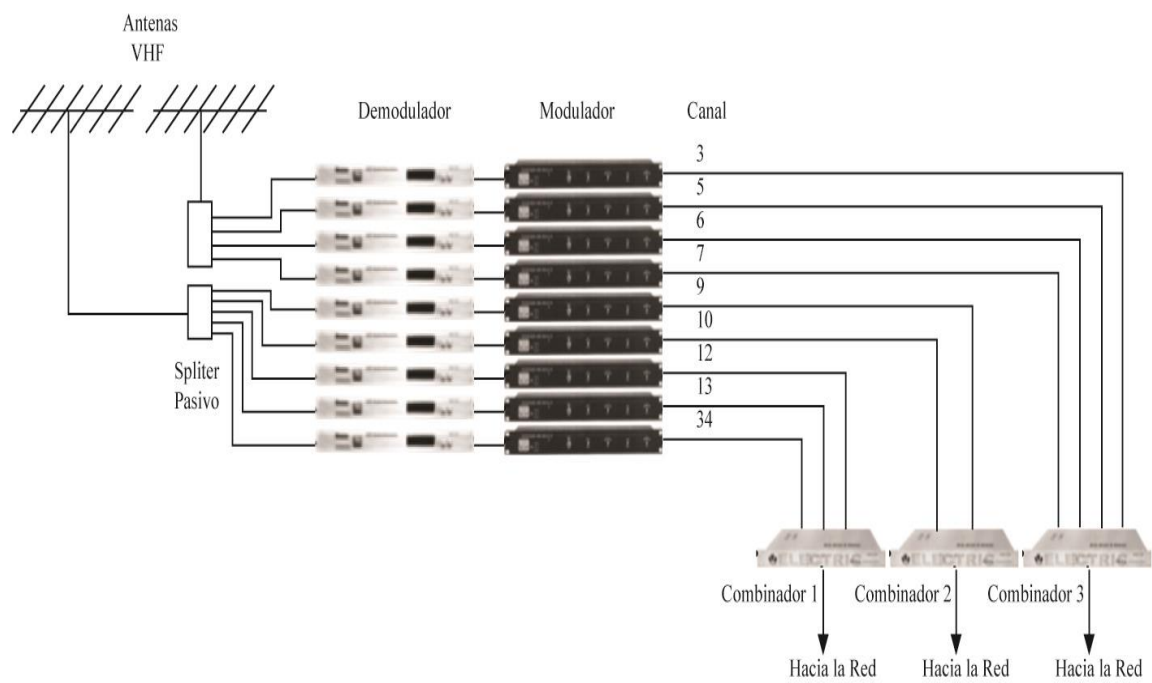


DIAGRAMA DE BLOQUE 9

Fuente: El autor

6.2.1 MÉTODO DE RASTREO.

Manual.- Ya que la calibración y el ajuste para la captura de la señal de los diferentes satélites se la realizan una sola vez, luego de lo cual queda fijo y se utilizan una cantidad de LNB de acuerdo al número de satélites.

6.2.2 CAPACIDAD PARA VARIAR LA FRECUENCIA.

Las frecuencias pueden ser cambiadas en todo el ancho de banda de recepción satelital de acuerdo a la banda del Satélite ya sea C o Ku

6.3 ESTACIONES OFF-AIR

La recepción de señales en difusión provenientes de los canales de televisión abiertos nacionales en VHF se realiza mediante estaciones de recepción de señales en el aire (OFF-AIR), las mismas que están constituidas por los siguientes equipos.

- Antenas Yagi VHF UHF
- Cables Coaxiales
- Amplificadores
- Combinador
- Power Inserter
- Fuente De Energía

6.4 CALIDAD DE RECEPCION DE SEÑAL SATELITAL

En vista de que las comunicaciones por satélite, el enlace descendente es el más crítico, por la limitación de la PIRE del satélite, el receptor de la estación terrena debe ser capaz de detectar señales muy débiles acompañadas de ruido de fondo, ésta fundamental característica es el parámetro “factor de calidad”, que se define como la relación entre la ganancia de la antena de la estación terrena y la temperatura del ruido del receptor G/T

(dB/k°), referida a la entrada del primer amplificador de la estación. En la tabla 3-1 se indican los factores de calidad para las diferentes antenas de la estación terrena.

7. CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD DE LA SEÑAL

Para garantizar la calidad de la señal que llegue al usuario en todos los puntos de la conexión de los abonados a la red se ha tomado en cuenta de tal manera que en cada salida de los taps el nivel de potencia no exceda los 10 dBmV y no sea menor de 0 dBmV de acuerdo a la norma técnica existente.

Para ello se procederá a calcular los niveles de potencia de la red troncal de coaxial, así como los niveles que tendrán los abonados.

7.2 CALCULO DE NIVELES DE POTENCIA DE LA RED COAXIAL

Para llegar a los abonados, con un nivel señal optima que es de 0 dbmV a 10 dBmV, el receptor de cada hogar y tomando en cuenta los cortes de la línea troncal y los taps, la máxima distancia desde los amplificadores, hasta el último abonado que no sobrepasa las distancias, para ello obtenemos los siguientes datos para el cálculo de los niveles de potencia en los puntos de la red.

DATOS EMPLEADOS PARA EL CALCULO	
Frecuencia de Operación	700 Mhz
Atenuación cable coaxial RG-6 (100 m)	20 dB
Atenuación cable coaxial RG-11 (100 m)	10,8 dB
Atenuación cable coaxial RG-500 (100 m)	7.8 dB
Potencia de recepción usuario final	0-10 dbmV

Tabla 3-7 Parámetros del Cálculo

Fuente: El autor

Calculo distancia entre amplificadores

Amplificador	Potencia TX (dBm)
SCIENTIFIC ATLANTIC	62

Tabla 3-8 Potencia del Amplificador

Fuente: El autor

Tipo de Atenuación	Cantidad	Cant. Ate TX (dB)	Ate. Acumulada
ate. Spliter	1	3	3
ate. cable RG-500	200 m	0,078	15,6
ate. Taps	4	3	12
ate. TOTAL			30,6

Tabla 3-9 Cálculo de Atenuación Total

Fuente: El autor

Pot. De Recepción	Potencia TX (dBm) - ate. TOTAL	31,4
-------------------	--------------------------------	------

Tabla 3-10 Potencia de Recepción

Fuente: El autor

Para obtener la señal deseada, los amplificadores troncales se encuentran colocados a una distancia máxima de 200 m como se puede observar de la tabla anterior.

Calculo de nivel de potencia al usuario

De acuerdo a la tabla anterior, en donde la señal en el último tap, tiene un nivel de 31,4 dBmV. La señal con que se llega al usuario final desde este punto, se debe considerar a otro tap de entrada y además a la perdida por distancia de cable coaxial y conectores, la longitud máxima que se considera es de 60m.

Pot en el último Tap	31,4
----------------------	------

Tabla 3-11 Potencia en el último Tap

Fuente: El autor

Tipo de Atenuación	Cantidad	Cant. Ate TX (dB)	Ate. Acumulada
ate. Spliter	1	11	11
ate. cable RG-6	60 m	0,2	12
ate. TOTAL			23

Tabla 3-12 Cálculo de Atenuación Total

Fuente: El autor

Pot. de Recepción Usuario	Pot en el último Tap - ate. TOTAL	8,4
---------------------------	-----------------------------------	-----

Tabla 3-13 Potencia de Recepción del usuario

Fuente: El autor

Como podemos observar, según los cálculos, el nivel de señal a la entrada del receptor será de 8,4 lo que garantiza una recepción óptima en los abonados del sistema.

8. CARACTERÍSTICAS DE LA PROGRAMACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TELEVISIÓN INTERNACIONALES QUE SERÁN DISTRIBUIDAS POR EL CABLE

En la siguiente tabla 3-14 se describen los canales nacionales e internacionales, que se transmiten, así como el tipo de programación que se emiten en cada canal que se transmitirá, con el respectivo número del canal en el que será transmitido.

Nº	CANALES	SATELITE	RECEPTORES
2	EWTN	PAS-9	PICO MACON
3	RTS	ANT-AIRE	DEMODULADOR
4	ECTV	INTEL-806	DEMODULADOR
5	RTU	ANT-AIRE	DEMODULADOR
6	ETV TELERAMA	ANT-AIRE	DEMODULADOR
7	ECUAVISA	ANT-AIRE	DEMODULADOR
8	CQ-15	CANAL-LOCAL	DEMODULADOR
9	GAMA TV	ANT-AIRE	DEMODULADOR
10	CARAVANA	ANT-AIRE	DEMODULADOR
11	TELEAMAZONAS	PAS-1	TANDBERG TT1220
12	CANAL 1	ANT-AIRE	DEMODULADOR
13	TC TELEVISION	ANT-AIRE	DEMODULADOR
14	CANAL DE LAS ESTRELLAS	PAS-3	POWER Vu DSR-4402X
15	TELENOVELAS	PAS-3	POWER Vu D9835
16	DICOVERY HOME&HEALTH	PAS-3	POWER Vu D9835
17	TV ESPAÑOLA	HISPANSAT	FORTEC STAR
18	ANTENA 3	GALAXY/DRTV	DIRECTV
19	CARACOL	PAS-9	POWER Vu D9835
20	UNIVISION	PAS-1	PICO MACON

21	TELEMUNDO	PAS-1	PANSAT
22	FOX SPORT	PAS-9	POWER Vu D9850
23	ESPN	PAS-3	POWER Vu D9850
24	ESPN2	INTEL-805	POWER Vu DSR-4402X
25	ZAZ	GALAXY/DRTV	POWER Vu D9835
26	NICK	PAS-3	POWER Vu D9835
27	CARTOON NETWORK	PAS-3	POWER Vu D9835
28	DISCOVERY KIDS	PAS-3	POWER Vu D9835
29	CNN ESPAÑOL	PAS-3	POWER Vu D9835
30	ENLACE	PAS-9	TORFIELD
31	TELESUR	INTEL-806	PICO MACON
32	NATIONAL GEOGRAPHIC	PAS-9	POWER Vu D9850
33	ANIMAL PLANET	PAS-3	POWER Vu D9835
34	HTV	ANT-AIRE	DEMODULADOR
35	RITMON SON LATINO	PAS-3	POWER Vu DSR-4402X
36	DISCOVERY CHANNEL	PAS-3	POWER Vu D9835
37	FOX PELICULA	PAS-9	POWER Vu D9835
38	HALLMARK	PAS-9	POWER Vu D9835
39	TCM	PAS-3	POWER Vu D9835
40	DE PELICULA	PAS-3	POWER Vu DSR-4402X
41	GOLDEN	PAS-3	POWER Vu DSR-4402X
42	CINE LATINO	GALAXY/DRTV	DIRECTV
43	THE FILM ZONE	PAS-9	POWER Vu D9835
44	MULTIPREMIER	GALAXY/DRTV	DIRECTV
45	TNT	PAS-9	POWER Vu D9835
46	CINECANAL	PAS-9	POWER Vu D9835
47	FX	PAS-9	POWER Vu D9835

48	UNIVERSAL	PAS-9	POWER Vu D9835
49	WAPA	PAS-1	FORTEC STAR
50	VH1	PAS-9	POWER Vu D9835
51	BOOM	PAS-3	POWER Vu D9835
52	NATIONAL GOGRAPHIC	PAS-3	POWER Vu D9850
53	CINEMA+	INTEL-806	COSHIP CDVB5110D
54	JBN	INTEL-806	JBN
55	HUMOR CHANNEL	INTEL-806	PICO MACOM
56	CANAL 10	INTEL-805	RECEP. UNIVERSAL
57	CANAL 9	INTEL-805	RECEP. UNIVERSAL
58	CANAL 11	INTEL-805	RECEP. UNIVERSAL
59	NUEVO TIEMPO	INTEL-806	TELESYSTEM
60	TELEAMIGA	INTEL-806	PICO MACON
61	CANAL LOCAL	LOCAL	DVD

Tabla 3-14 Programación de "TERACOM S.A."

Fuente: El autor

9. DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN PARA LA NAVEGACIÓN AÉREA QUE SE INSTALARÁN EN CASO NECESARIO, CONFORME A LAS REGULACIONES PERTINENTES SOBRE LA MATERIA

En lo que respecta a la seguridad de la empresa, se mantiene un acceso restringido a personal técnico, así como una señalización intensa dentro del área de trabajo.

10. SI EL SISTEMA A OPERAR FUERE TELEVISIÓN POR CABLE, EL ESTUDIO CONTENDRÁ ADEMÁS LAS CARACTERÍSTICAS Y

CONFIGURACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN, CON EL PLANO DE LA RED.

ANEXO 3

11. ENLACES SATELITALES DE SISTEMAS DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN, DE ACUERDO A FORMATO 3.1

Para realizar este punto se consideró a un solo enlace, solo para citar como ejemplo, debido a que de todas las antenas que se usan en el cable operador local, se debe llenar este formato.

3.4 FORMATO 3.1

PARA ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE ENLACES SATELITALES DE SISTEMAS DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN

Nombre del peticionario: Ing. Luis Bustamante Egas.

Yo _____, ingeniero en Electrónica y con matrícula _____ del CIEELA ,declaro que el estudio de ingeniería, planos de equipos e instalaciones y demás documentación técnica los presento bajo mi responsabilidad; y manifiesto que conozco la Ley de Radiodifusión y Televisión, su Reglamento General, la Norma Técnica para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica y el Reglamento para Sistemas de Audio y Video por suscripción.

2. NOMBRE DE LA ESTACIÓN TERRENA: TERACOM S.A.

3. OPERADOR

3.1 Nombre: TERACOM S.A.

3.2 No. Telefónico: 2914 522

3.3 No. De fax: -----

3.4 Dirección: Av. Machala 123 entre Bolívar y Azuay, Pasaje, provincia de el Oro.

4. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

4.1 Latitud: 3° 19' 28,24" S

4.2 Longitud: 79° 48' 4,80" W

4.3 Dirección (calles, No, ciudad): Av. Machala 123 entre Bolívar y Azuay, Pasaje, provincia de el Oro.

5. SATÉLITES A UTILIZARSE

INTELSAT 806

6. TIPO DE ESTACION TERRENA

6.1 Diámetro de antena: 4.00 metros.

6.2 Tipo de polarización: Lineal

6.3 Método de rastreo: Manual

6.4 Banda de recepción: 3700 a 4200 MHz

6.5 Figura de mérito G/T: 22.50 dB/°k

6.6 Capacidad para variar la frecuencia:

6.7 Sistemas de control de la estación terrena: Manual.

7. INDICAR LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD HUMANA Y DE NAVEGACIÓN AÉREA QUE DISPONDRÁ LA ESTACIÓN TERRENA:

El ingreso será restringido solo para personal autorizado, se colocarán sistema de aviso de luces.

8. ADJUNTAR LITERATURA TÉCNICA DE LOS EQUIPOS Y ANTENAS A UTILIZARSE

Elaborado por: Ing. _____

f) _____

3.5 RESUMEN DE EQUIPOS

A continuación se presenta una lista con todos los equipos que se pudieron recopilar de la empresa privada TERACOM S.A. cabe destacar que se presenta dicha lista bajo los respectivos permisos que conciernen a dicha empresa.

3.5.1 ANTENAS PARABÓLICAS

SATÉLITE	LNB	DIAMETRO (mts.)
PAS1/Malla	2	4,10
PAS3/Malla	1	4,00

PAS9/Malla	2	7,00
INTEL 805/Malla	2	4,00
INTEL 806/Malla	2	4,00
SATMEX 5/Sólida	2	4,00
HISPANSAT/Sólida	1	1,20
DIRECTV1/Sólida	1	0,80
DIRECTV2/Sólida	1	0,80

Tabla 3-15 Antenas Parabólicas

Fuente: El autor.

3.5.2 MODULADORES

TIPO	MARCA	CANTIDAD
FIJOS	PICO MACOM	45
FIJOS	TECSYS	1
FIJOS	BLONDER TONGUE	3
AGILES	PICO MACOM	7
AGILES	JBN	1

Tabla 3-16 Moduladores

Fuente: El autor.

3.5.3 DEMODULADORES

MARCA	CANTIDAD
PICO MACOM	7

Tabla 3-17 Demoduladores

Fuente: El autor.

3.5.4 RECEPTORES SATELITALES

MARCA	MODELO	CANTIDAD
MOTOROLA	DSR-4402X	5
PICO MACOM	P146124018	5
POWER Vu	D9835	13
DIRECTV	-----	13
POWER Vu	D9850	2
POWER Vu	803310	1
PANSAT	2500A	1
FORTEC STAR	MERCURY II	3
MVIDEOA	FS 4000	1
COSHIP	CDVB5110D	1
NOCH	CDVB5300A	1
TELESYSTEM	TS DIGITAL F1.2	1
JBN	DV3	1
DVD	LG	1

Tabla 3-18 Receptores Satelitales

Fuente: El autor.

3.5.5 AMPLIFICADORES

MODELO	MARCA	CANTIDAD
MINIBRIGETH	GENERALD INSTRUMENT	12
MINIBRIGETH	MOTOROLA	26
TRONCAL	MOTOROLA BT	4
TRONCAL	SCIENTIFIC ANTLANTIC	1

TRONCAL	MAGNABOX	2
TRONCAL	CABLE NETWORK	2
TRONCAL	GENERALD INSTRUMENT	2
LINE EXTENDER	MOTOROLA	12
LINE EXTENDER	GENERALD INSTRUMENT	48
LINE EXTENDER	MOTOROLA	12
LINE EXTENDER	CABLENETWORK	6
LINE EXTENDER	SCIENTIFIC ANTLANTIC	4
LINE EXTENDER	CATV	1
CA30	PICO MACOM	19
MCM55	PICOMACOM	1

Tabla 3-19 Amplificadores

Fuente: El autor.

3.5.6 COMBINADORES

MARCA	MODELO	PUERTOS	CANTIDAD
PICO MACOM	PHC 24-G PÀSIVO 1G	24	3

Tabla 3-20 Combinadores

Fuente: El autor.

CAPITULO 4

4 INTRODUCCION

Si hay en estos días un término que define la situación actual del entorno de las telecomunicaciones es NGN (Next Generation Networking) o Redes de Nueva Generación

NGN es un modelo de arquitectura de redes de referencia que debe permitir desarrollar toda la gama de servicios IP multimedia de nueva generación (comunicaciones VoIP nueva generación, video comunicación, mensajerías integradas multimedia, integración con servicios IPTV, etc...), el cual se refiere a la evolución de la actual infraestructura de las redes de telecomunicación y redes de acceso telefónico con el objetivo de lograr la convergencia de los nuevos servicios multimedia (voz, datos, video...) en los próximos años.

Permitiendo de esta manera ofrecer a los operadores la posibilidad de desarrollar nuevos servicios y hacerlo de una manera más rápida. Servicios, que son los que actualmente demanda cualquier empresa que quiera mejorar su productividad, independientemente de su tamaño y sus recursos.

La idea principal que se esconde debajo de este tipo de redes es el transporte de paquetes encapsulados de información a través de Internet. Estas nuevas redes serán construidas a partir del protocolo Internet Protocol (IP).

Según la ITU-T, Una Red de Siguiete Generación es una red basada en la transmisión de paquetes capaz de proveer servicios integrados, incluyendo los tradicionales telefónicos, y capaz de explotar al máximo el ancho de banda del canal haciendo uso de las Tecnologías de Calidad del Servicio (QoS) de modo que el transporte sea totalmente independiente de la infraestructura de red utilizada. Además, ofrece acceso libre para

usuarios de diferentes compañías telefónicas y apoya la movilidad que permite acceso multipunto a los usuarios.

4.1 MODELO DE REFERENCIA

Este modelo de referencia puede sintetizarse en los siguientes puntos:

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

Debido a las características, quizás se pueda simplificar y establecer dos grandes marcos de actuación, en estos años, en torno al concepto de NGN:

4.1.1 EN MERCADOS EN EXPANSIÓN

En crecimiento en servicios básicos de telecomunicación, donde se simulan redes y servicios tradicionalmente de circuitos optimizando el escenario técnico-económico hasta ahora habitual mediante el uso de NGN-SoftSwitches, transporte IP e interfaces de banda estrecha/banda ancha para el soporte de servicios de voz.

4.1.2 EN MERCADOS CONSOLIDADOS

En términos de servicios fijos – móviles donde la búsqueda de sinergias, eficiencias entre ambos mundos y la banda ancha y los nuevos servicios IP multimedia hacen que NGN e IMS, (Internet Multimedia Subsystem) adquieran un papel fundamental como ejes del desarrollo de la convergencia.

Desde un punto de vista más práctico, las Redes de Siguiete Generación suponen tres cambios fundamentales en la arquitectura de red tradicional que han de ser evaluados de forma independiente.

4.2 ARQUITECTURA DE RED NGN

A partir del estudio de la arquitectura de una red NGN; vamos a describir sus diferentes definiciones, enumerando los requisitos indispensables de la arquitectura, así como los aspectos importantes del concepto.

4.2.1 DEFINICIÓN DE NGN

NGN es una red de transporte y conmutación a alta velocidad para servicios de voz, fax, datos y vídeo, realizados de forma integrada y usando una red basada en paquetes. En la Figura 4-1 se presenta un modelo conceptual de NGN.

Las NGNs se caracterizan por un número de capacidades y propiedades consideradas necesarias y deseables para las redes de banda ancha, multimedia y multiservicio.

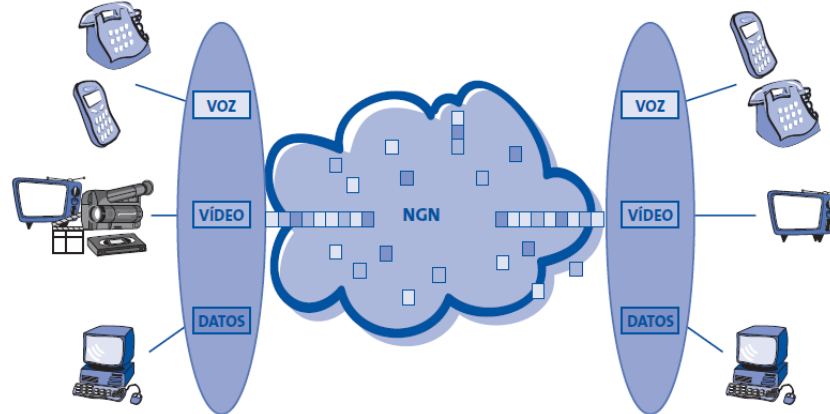


Figura 4-1 Modelo Conceptual de NGN

Fuente: http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Integracion_NGN.pdf

4.2.2 REQUISITOS FUNDAMENTALES

Partiendo del enfoque que se ha dado al concepto de NGN, es importante definir claramente los requisitos de diseño para esta red de forma que se asegure un soporte adecuado de los servicios, tanto para los actualmente disponibles como para los que puedan aparecer en un futuro.

Las características fundamentales a tener en cuenta en una red NGN son las siguientes:

- La convergencia de los servicios de voz (suministrados en red fija y móvil), vídeo y datos se hará sobre la misma infraestructura de red.
- La infraestructura de transporte y comunicación debe ser de datos.
- La red de conmutación de paquetes (datagramas) debe ser IPv4/IPv6.
- Soporte de MPLS (MultiProtocol Label Switch) para servicios de ingeniería de tráfico (TE), redes privadas (VPN), etc.
- Soporte de políticas de Calidad de Servicio (QoS). Para el caso de los servicios de voz, el nivel de calidad deberá ser al menos como la existente en la red clásica.

- Prestar servicios Multicast.
- Alta escalabilidad, disponibilidad, fiabilidad y seguridad.

4.2.3 ELEMENTOS DESTACADOS DEL CONCEPTO NGN

Los elementos indispensables con que debe contar toda implementación de red que pretenda ser considerada como una NGN son los siguientes:

- Sistemas de transmisión de última generación y posiblemente basados en tecnologías ópticas WDM (Wavelength Division Multiplexing).
- Los elementos de conmutación serán de tipo Gigabit Switch-Router (GSR) o Terabit Switch-Router (TSR), conformando una red IPv4/IPv6 con soporte de MPLS.
- Se dispondrá de una política de calidad de servicio (QoS) efectiva y totalmente operativa.
- Política de seguridad tanto a nivel de red como de cliente.
- Estructura de red escalable que permita evoluciones futuras de forma gradual.
- Incorporación de técnicas eficaces, en el entorno de equipo y sistema, que aseguren unas cotas de fiabilidad y disponibilidad adecuadas.

4.2.4 CALIDAD DE SERVICIO

La disponibilidad de una política de calidad de servicio para un Operador de Red es una necesidad que debe ser tomada con un enfoque global para el conjunto de los recursos de red de dicho operador. Sólo así podrá asegurarse un modelo en donde se diferencian los niveles de servicio y clientes, que permita dar respuesta a las demandas de los potenciales clientes y que trate, finalmente, de forma adecuada las previsibles e inevitables situaciones de congestión de los recursos de red.

La realización práctica de la política de calidad dependerá de la estrategia de cada operador en particular. No obstante, en entornos NGN, en los que la convergencia es en sí misma un fin, la disponibilidad de soluciones que aseguren la calidad de servicio en la red es, un requisito básico del diseño. En la actualidad existen varias alternativas que intentan abordar el problema de la calidad de servicio en redes IP. De cualquier forma, cualquier solución deberá incluir, como mínimo, las siguientes funciones básicas:

Jerarquización del tráfico.- Se integrarán las funciones de agregación y clasificación de flujos en distintas clases de tráfico y la marcación de prioridades.

Control del tráfico inyectado en la red.- Se incluirán las funciones de monitorización y control del tráfico en la interfaz de cliente

Integración de infraestructuras.- Mediante NGN como la limitación efectiva de la tasa de entrada a la red se realizarán de acuerdo al contrato del cliente.

Acuerdo de nivel de servicio.- Entre cliente y operador.

4.2.5 EL ESTÁNDAR MPLS

MPLS (MultiProtocol Label Switch) tiene sus orígenes en el entorno de las redes ATM, aunque con posterioridad evolucionó tratando de dar respuesta a los problemas propios de las redes IP que estaban presentes en esos momentos. La evolución tecnológica ha hecho que algunas de las soluciones que se pretendían dar con MPLS no resulten necesarias actualmente. Pero han aparecido nuevas aplicaciones para las que MPLS aporta soluciones adecuadas, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Las principales aplicaciones que tiene MPLS actualmente son:

- Los servicios de Red Privada Virtual (VPN).

- Los servicios de transporte transparente para redes tradicionales como TDM. (Time Division Multiplexing), FR (Frame Relay) y ATM.
- El soporte para la ingeniería de tráfico para las redes IP.
- El soporte de fiabilidad para los servicios de cliente final.

4.2.6 MULTICAST

El direccionamiento multicast permite llevar a cabo la distribución de contenidos de una forma eficiente y controlada, evitando los costes añadidos de soluciones alternativas, como las redes de distribución de contenidos (CDN), así como la siempre comprometida seguridad de las redes broadcast.

El principio de funcionamiento es sencillo: los contenidos son enviados sólo a quien los solicita, siempre y cuando esté autorizado a recibirlos, y la replicación de contenidos se produce en la propia red sin afectar a la fuente ni al destino de los mismos como podemos ver en la Figura 4-2.

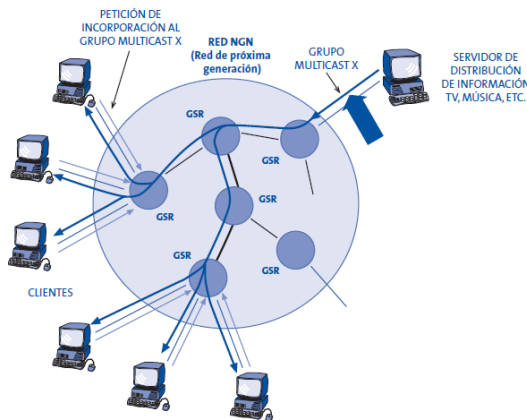


Figura 4-2 Multicast

Fuente: http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Integracion_NGN.pdf

Las ventajas aportadas por el uso de las técnicas multicast son fundamentalmente:

- Optimización del uso de los recursos de red.
- Las necesidades de capacidad de proceso del servidor de información, que son totalmente independientes del número de clientes de los contenidos.
- Incorpora mecanismos de fiabilidad y reparto de carga en los servidores de contenidos.
- Realiza la provisión de los servicios de manera más sencilla, barata y escalable.

4.2.7 FIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD

Tradicionalmente el nivel de fiabilidad y disponibilidad de las redes de conmutación de circuitos, sobre las que se soporta el servicio de voz actualmente, ha sido muy elevado. Los clientes de los servicios de voz se han acostumbrado, a lo largo de los años, a unos niveles de fiabilidad y disponibilidad muy altos y, en consecuencia, han desarrollado un grado de exigencia alto para el servicio de voz.

Las soluciones convergentes se basan en el uso de redes de datos sobre las que se soportarán todos los servicios actuales y los futuros, incluyendo la voz.

Será por tanto de vital importancia asegurar unas cotas de fiabilidad y disponibilidad para estas redes, cuanto menos, similares a las disponibles en la red de voz tradicional.

Las posibles soluciones serán de nuevo variadas y dependientes de los criterios particulares de cada operador: soluciones basadas en la duplicidad de los elementos de red, en la fiabilidad implícita de dichos elementos, en soluciones a nivel de sistema, etc. Sin embargo, debe quedar clara la necesidad básica de incorporar aquellas medidas que aseguren un grado de cumplimiento adecuado en la red del operador.

Posiblemente el mejor enfoque sea el de usar cada una de las técnicas donde mejor se las pueda aprovechar, dando lugar a una solución mixta, adaptada a las necesidades particulares de cada caso concreto. En la Figura 4-3 se muestra una alternativa de fiabilidad para redes NGN.

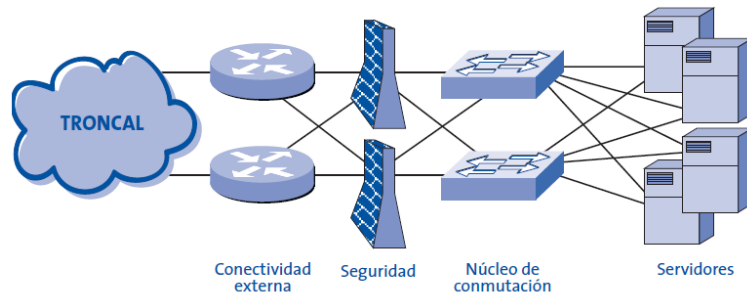


Figura 4-3 Duplicidad de los elementos de red

Fuente: http://www.imaginar.org/ngn/manuales/Integracion_NGN.pdf

4.2.8 EL PROTOCOLO IPV6

El caso del desarrollo del protocolo IPv6 es, en cierta medida, similar al descrito previamente para el estándar MPLS. Inicialmente el desarrollo se pensó para que resolviera aquellas carencias fundamentales detectadas en IPv4. Sin embargo, en paralelo al desarrollo de IPv6, se produjo un proceso de adaptación y ampliación de IPv4 que dio respuesta a gran parte de las carencias detectadas.

4.3 CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LA NGN

Se puede afirmar que el proceso de evolución hacia entornos IP es general en todo el sector de las telecomunicaciones, tanto fijas como móviles. Se observa asimismo que es posible, desde el punto de vista tecnológico, establecer infraestructuras comunes para ambos entornos. No obstante, el grado de convergencia final alcanzado entre ambos no dependerá únicamente de aspectos tecnológicos, por lo que es difícil establecer una solución universal.

Finalmente, conviene recordar en este punto la necesidad de realizar un enfoque global a toda solución de red que aspire a ser la base común sobre la que se desplieguen los servicios, tanto actuales como futuros. Es posible que dicho enfoque sea visto por algunos como excesivamente ambicioso, pero no cabe duda de que sólo así se podrá alcanzar una solución realmente válida a medio y largo plazo.

A continuación se muestra en la Figura 4-4 el diagrama de Capas de las NGN.

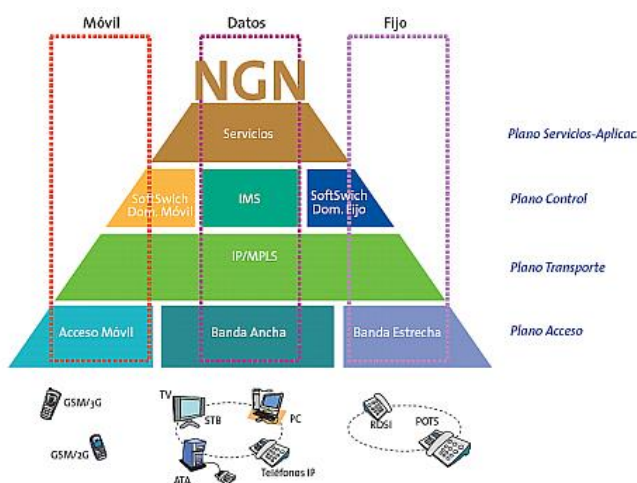


Figura 4-4 Diagrama de Capas

Fuente: <http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com>

Ventajas de NGN

Las ventajas más destacables que presentan las NGN son:

- Simplificación de la estructura de la red de voz.
- Convergencia de redes.
- Centralización del Control.
- Centralización de las aplicaciones.
- Menor número de nodos y enlaces, debido a la mayor capacidad de los sistemas.

- Reducción en costos de presupuesto, debido a las mayores capacidades de tecnología.
- Ahorros en mantenimiento.
- Ahorros en consumo de Energía.
- Optimización de la operación.
- Mejora en Indicadores de calidad.
- Alto nivel de protección y diversidad de rutas y suministros para todos los sistemas de alta capacidad, tanto físico como lógico.

4.4 ESTÁNDARES DE HFC (CATV).

En 1996, CableLabs, una organización de tecnología industrial, pionera en el mercado, desarrolló un estándar abierto para los productos Cable Modem, llamado DOCSIS (Especificación de interfaz de datos sobre servicios de cable).

En 1997, con un análisis de las diferentes normativas que se presentaban como una opción de estandarización de las redes de telecomunicaciones por cable, se consideró tres estándares:

- DAVIC/DVB (Consejo Audiovisual Digital/ Video Digital Broadcasting), Europeo.
- DOCSIS (Especificación de Interfaz de Servicio de Datos por Cable), Americano.
- IEEE802.14, Europeo.

Dichos estándares están diseñados sobre las especificaciones de protocolos de capa física y del protocolo MAC del modelo de referencia OSI para redes bidireccionales HFC.

Al referirnos a las especificaciones de la red Híbrida Fibra-Coaxial (HFC) en el Ecuador, esta se acoge al estándar DOCSIS con sus diferentes actualizaciones.

4.5 ESTUDIO DEL ESTÁNDAR DOCSIS

Introducción.

La integración de los servicios tales como el Internet de banda ancha, el servicio de telefonía IP (VoIP), y la televisión interactiva a través de una red HFC, requiere la utilización de una plataforma integrada y eficiente que permita gestionar dichos servicios de manera fácil y rentable para el operador de TV cable. El estándar DOCSIS permite alcanzar la transparencia en éstas redes mediante una arquitectura bien definida.

4.5.1 DOCSIS (DATA OVER CABLE SERVICE INTERFACE SPECIFICATIONS)

Especificación de Interfaz sobre Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) es un estándar internacional no comercial desarrollado por CableLabs con la contribución de varias empresas (Cisco, Intel, Motorola, Netgear, Texas Instruments, etc.) que definen los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para datos sobre un sistema de cable.

En marzo de 1997, fue aprobado como estándar internacional por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, el conjunto de especificaciones DOCSIS conocido como DOCSIS 1.0, este conjunto de especificaciones incorporan características de Calidad de Servicio (QoS) y autenticación, necesarias para manejar servicios que requieran una entrega de datos en tiempo real y mayor seguridad, como la telefonía.

Años después se publica la versión DOCSIS 2.0, donde se incorpora la modulación 64-QAM en el canal de subida (usuario-cabecera), permitiendo alcanzar velocidades de transferencia más altas.

Mientras que para el año 2006 se publica la versión 3.0 del estándar DOCSIS, en la cual se emplean técnicas de “channel bonding” o combinación de canales para incrementar de manera significativa las velocidades de subida y bajada.

4.5.2 FRECUENCIAS EMPLEADAS POR DOCSIS

DOCSIS garantiza su adecuado funcionamiento en las redes de cable que adoptan el estándar. Además de ser un estándar de interoperabilidad de cable módem, DOCSIS incluye parámetros que se recomiendan para lograr un mejor desempeño de la red.

Los rangos de frecuencia que utiliza DOCSIS en las redes bidireccionales son los que se muestran en la tabla 4-1.

SENTIDO	FRECUENCIA (MHZ)
Ascendente	5 – 42
Descendente	88 – 862

Tabla 4-1 Rangos de Frecuencia DOCSIS

Fuente: El autor

4.5.3 TÉCNICAS DE MODULACIÓN PERMITIDAS EN DOCSIS

La transmisión de información en el sentido cabecera-usuario permite modulaciones de 64-QAM y 256-QAM sobre canales de 6 MHz; en sentido contrario, DOCSIS acepta tres tipos de modulación: QPSK (Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura), 16-QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura) y 64-QAM; aunque la última, únicamente es soportada por las versiones 2.0 y 3.0 del estándar DOCSIS.

En la tabla 4-2 se muestra información correspondiente a las mismas.

El tipo de modulación que se empleará depende de la relación señal a ruido (S/N) existente en el canal.

MODULACIÓN	SENTIDO	BITS/SÍMBOLO	S/N MÍNIMA
QPSK	Ascendente	2	>21 dB
16-QAM	Ascendente	4	>24 dB
64-QAM	Ascendente y Descendente	6	>25 dB
256-QAM	Descendente	8	>33 dB

Tabla 4-2 Técnicas de modulación permitidas por DOCSIS

Fuente: El autor

4.5.4 ANCHOS DE BANDA SOPORTADOS POR DOCSIS

Las primeras versiones de este estándar soportaban anchos de banda de 200 KHz y 3.2 MHz en el canal de subida, mientras que las versiones 2.0 y 3.0 soportan anchos de banda hasta los 6.4 MHz, siendo todos compatibles con sus versiones anteriores.

En cuanto al canal de bajada, todas las versiones de DOCSIS soportan un único ancho de banda de 6 MHz. La especificación DOCSIS para Europa, denominada EuroDOCSIS soporta en el canal de bajada un ancho de banda de 8 MHz.

4.5.5 TASA DE TRANSFERENCIA DE LOS CANALES ASCENDENTES Y DESCENDENTES

La tabla 4-3 muestra los anchos de banda del canal de subida con sus respectivos valores de transferencia de símbolos y la tasa de transferencia de datos respecto al tipo de modulación empleado.

ANCHO DE BANDA (MHZ)	TASA DE TRANSFERENCIA DE DATOS (MBPS)		
	QPSK	16-QAM	64-QAM
0.2	0.32	0.64	1.28
0.4	0.64	1.28	1.92
0.8	1.28	2.56	3.84
1.6	2.56	5.12	7.68
3.2	5.12	10.24	15.36
6.4	10.24	20.48	30.72

Tabla 4-3 Transferencia de datos en el canal de subida

Fuente: El autor

En la tabla 4-4 se muestra la tasa de transferencia de datos para el canal de bajada considerando los distintos tipos de modulación admitidos por DOCSIS y EuroDOCSIS.

ANCHO DE BANDA (MHZ)	TASA DE TRANSFERENCIA DE DATOS (MBPS)	
	64-QAM	256-QAM
6	30.34	42.88
8	40.44	57.20

Tabla 4-4 Transferencia de datos en el canal de bajada

Fuente: El autor

4.5.6 CHANNEL BONDING (COMBINACIÓN DE CANALES)

DOCSIS 3.0 es el único en esta característica y permite utilizar varios canales simultáneamente, tanto en subida como en bajada; permitiendo alcanzar transferencias de datos superiores a los 120 Mbps en ambos sentidos.

4.5.7 BENEFICIOS DE DOCSIS

Debido al avance tecnológico sobre la capa física de DOCSIS, éste posee el potencial de causar gran impacto sobre la capacidad de la información transmitida, provocando un efecto mínimo sobre el costo operacional e inversión de capital; además, no requiere de cambios importantes en lo que se refiere a la infraestructura de transporte. Dentro de las ventajas más importantes de DOCSIS se menciona las siguientes:

DOCSIS 3.0 provee una mayor densidad de información; debido a la combinación de canales y modulaciones más eficientes. DOCSIS 3.0 al incrementar la capacidad también beneficia a los operadores el omitir la necesidad de instalar segmentación adicional debido a la extensión de las penetraciones de servicios. Además permiten manejar modulaciones de más alto nivel tales como 16QAM y 64QAM en el caso del canal ascendente y hasta 256QAM en el canal descendente.

La compatibilidad que ofrece DOCSIS 3.0 permite que cuando el operador de cable migra hacia un nuevo equipo condescendiente con DOCSIS, el equipo que ya está instalado en la red continuará operando sin impactos negativos sobre el suministro del servicio. Afortunadamente, las versiones de DOCSIS son compatibles entre sí.

4.5.8 CALIDAD DE SERVICIO EN DOCSIS (QOS)

A partir de la especificación DOCSIS 2.0 se introduce la clasificación de los paquetes para brindar calidad de servicio tanto en el canal ascendente como en el descendente.

El principal mecanismo para dar calidad de servicio a la red es la clasificación de los paquetes que atraviesan la interfaz RF, conceptualmente los paquetes entrantes ingresan a un clasificador de prioridad que determina a que QoS el paquete está remitido, si el paquete es marcado con el máximo nivel en el clasificador, es enviado como prioritario y es marcado con el identificador SID (identificador del servicio), si el paquete no está marcado por el clasificador entonces se pondrá en un estado de espera.

4.6 IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS SERVICIOS SOBRE DOCSIS

CableLabs ha desarrollado avances tecnológicos aprobados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT⁹) para el mejoramiento e implementación de nuevos servicios y aplicaciones específicamente sobre redes HFC; sobre los cuales se destacan PacketCable, OpenCable y CableHome, los cuales proponen una serie de especificaciones dirigidas a la inter operatividad digital.

PacketCable. Define las bases para la prestación de nuevos servicios de banda ancha basados en IP; tales como son el Internet, la telefonía, la videoconferencia y servicios multimedia.

OpenCable. Actúa sobre los set top boxes o decodificadores para la televisión interactiva.

CableHome. Se refiere a redes en el hogar.

⁹ UIT.- Unión Internacional de Telecomunicaciones.

4.6.1 TELEFONÍA E INTERNET CON PACKETCABLE Y DOCSIS

PacketCable representa una solución implementada sobre DOCSIS 1.1 que utiliza el protocolo de Internet para ofrecer una arquitectura multimedia eficiente. Dicha integración permite que los operadores de las redes de cable ofrezcan a sus suscriptores servicios de datos, voz y aplicaciones multimedia de manera sencilla y confiable a través de una arquitectura de banda ancha con calidad de servicio de extremo a extremo.

La parte fundamental de la plataforma PacketCable es que abarca los requerimientos y especificaciones de la infraestructura de voz sobre IP (VoIP). Cabe señalar que la calidad de llamada que PacketCable ofrece es similar a la calidad de una llamada que se realiza a través de la red telefónica convencional.

4.6.1.1 TELEFONÍA

Los elementos que forman parte de la arquitectura de PacketCable para brindar el servicio de telefonía son los siguientes:

- Sistema de Terminación Cable Módem (CMTS)
- Adaptador Terminal de Multimedia (MTA)
- Cable Módem (CM)
- Softswitch
- Gateway
- Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN)

Sistema de Terminación Cable Módem (CMTS)

Es un equipo que se encuentra en la cabecera de la red HFC y es el responsable del acceso a los servicios de datos de alta velocidad, así como también a los recursos de la red, los cuales serán reservados únicamente cuando exista una petición de servicio.

El CMTS determina las políticas y mensajes para que se produzcan los eventos dentro de la red.

Adaptador Terminal de Multimedia (MTA)

Es un adaptador que permite convertir la voz en paquetes IP. El algoritmo de codificación/decodificación que se emplea de manera obligatoria corresponde al estándar G.711; y se encuentra dentro del cable módem.

Cable Módem (CM)

Un cable módem es un tipo especial de módem diseñado para modular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable.

El cable módem en este caso realiza las funciones de un servidor de dirección de llamadas, manteniendo y manejando el estado de la llamada para los servicios de VoIP, éste a su vez está constituido por un agente de llamada (CA) y un agente de control (GC).

El agente de llamada maneja el estado de la llamada y controla el MTA, el agente de control, verifica la calidad de servicio (QoS), admisión, control y comunicación con el CMTS para obtener el acceso a los recursos de la red.

Gateway

Los gateways son dispositivos que se encargan de interconectar dos redes diferentes; en este caso, las redes PSTN y la red HFC del operador de cable.

Cumplen las funciones de señalización, control, interfaz con la red PSTN y conversión IP a una numeración telefónica para los abonados suscritos.

Softswitchs

Los softswitchs son gateways con mayor jerarquía dentro del despliegue de telefonía; su importancia radica, en que desempeña funciones que los asemejan a una central telefónica IP realizando transferencias de llamadas, llamadas en espera, facturación, detección de fallas, coordina la asignación de recursos con el CMTS que a su vez controla los eventos del cliente a través del cable módem entre otros.

Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN)

Es la red telefónica pública conmutada.

Dentro de la implementación y funcionalidad global del servicio de telefonía, se requiere necesariamente analizar tres campos que determinan enteramente que la prestación de este servicio cubra todas las expectativas de los clientes finales, dentro de éstas tenemos las siguientes:

Tarifación.- A diferencia del servicio de televisión por cable, la telefonía debe ser facturada de acuerdo al uso que el usuario le da al servicio.

Fiabilidad.- La fiabilidad del servicio telefónico, esta ligada a la fiabilidad de las redes HFC; de aquí la importancia de sistemas redundantes.

Alimentación.- El operador del servicio, debe tener sistemas de alimentación independientes, para garantizar que el servicio telefónico se encuentre presente en ausencia del sistema de energía eléctrica.

4.6.1.2 INTERNET DE BANDA ANCHA

Los dispositivos más importantes que se manejan dentro del acceso a Internet, son el Sistema de Terminación de Cable Módem (CMTS) y el cable módem (CM); entre los

cuales existe una coordinación y sincronización permanente que permite que la prestación del servicio sea un éxito.

Para proporcionar el servicio de Internet de banda ancha, la compañía conecta su cabecera a Internet mediante enlaces de datos de alta capacidad de un proveedor de servicios de red (ISP).

Sistema de Terminación Cable Módem (CMTS)

El CMTS habilita la comunicación con los cable módems de los abonados. Para entender lo que es un CMTS se puede pensar en un router con conexiones Ethernet en un extremo y conexiones RF en el otro. La interfaz RF transporta las señales hacia y desde el cable módem del abonado.

De hecho, la mayoría de CMTS tienen tanto conexiones Ethernet como interfaces RF. De esta forma, el tráfico que llega de Internet puede ser enrutado mediante la interfaz Ethernet a través del CMTS y después a las interfaces RF que están conectadas a la red HFC de la compañía de cable. El tráfico viaja por la red HFC para acabar en el cable módem del domicilio del abonado. Obviamente, el tráfico que sale del domicilio del abonado pasará por el cable módem y saldrá a Internet siguiendo el camino contrario.

Un CMTS típico, permite al ordenador del usuario obtener una dirección IP mediante un servidor DHCP. Además, le asigna un gateway, servidores DNS, etc.

Cable Módem (CM)

Los cables módems se utilizan principalmente para distribuir el acceso a Internet de banda ancha, aprovechando el ancho de banda que no se utiliza en la red de TV por cable.

Proceso de inicialización de un Cable Módem

Después de haberse encendido el cable módem, éste comienza a buscar, en el espectro downstream de RF, una portadora modulada en forma digital (64 ó 256- QAM) que contenga información específica del cable módem. Una vez que se ha sincronizado con la portadora adecuada, el cable módem busca, entre los datos que se envían desde la central, un mensaje conocido como Descriptor de Canal Upstream (UCD, por sus siglas en inglés) que le indica la frecuencia a la que deberá transmitir. El cable módem comienza a transmitir en la frecuencia upstream asignada, incrementando gradualmente su potencia hasta que sea escuchado por el CMTS. Es en este punto donde inicia la transmisión bidireccional entre el cable módem y la central de datos. Después de iniciada esta transmisión, terminan de ajustarse los niveles de operación de la frecuencia upstream del cable módem y se establece la sincronía necesaria para evitar colisiones de datos con otros cable módems. Lo que sigue en el proceso de inicialización es establecer la conectividad con el protocolo de Internet. Para ello, el cable módem envía al CMTS una solicitud de protocolo de configuración de huésped dinámico (DHCP, por sus siglas en inglés) para obtener una dirección de IP y otros parámetros adicionales, necesarios para establecer la conexión por medio de este protocolo. Inmediatamente después, el cable módem solicita al servidor de hora del día (TOD, por sus siglas en inglés), la fecha y hora exacta, que se utilizará para almacenar los eventos de acceso del suscriptor.

Resta todavía la configuración propia del cable módem, la cual se lleva a cabo después de las solicitudes DHCP y TOD. El CMTS descarga al cable módem ciertos parámetros de operación vía el protocolo simple de transferencia de archivos (TFTP).

Terminada esta descarga, el cable módem realiza un proceso de registro y, en el caso de utilizar la especificación DOCSIS de Privacidad de Línea Base (BP, por sus siglas en inglés) en la red, el cable módem deberá adquirir la información necesaria de la central y seguir los procedimientos para inicializar el servicio. Asumiendo que el proceso de inicialización se ha desarrollado satisfactoriamente, el cable módem está listo para

utilizar la red como cualquier otro dispositivo Ethernet. Es importante señalar que todos los eventos que ocurren durante el proceso de inicialización del cable módem son transparentes al usuario.

4.6.1.3 TELEVISIÓN IP CON DOCSIS Y OPENCABLE

La televisión IP (también conocida como IPTV) es la denominación común para la transmisión de las señales de video mediante el protocolo IP a través de una conexión de banda ancha mucho más rápida que las existentes en la actualidad.

La diferencia entre la televisión actual e IPTV radica en que los canales de televisión ya no transmitirán la misma programación para todos los usuarios, sino que la programación únicamente llegará al usuario cuando éste lo solicite; es decir, IPTV permite la personalización de contenidos para cada usuario.

Otra de las virtudes de la televisión IP radica en que el suscriptor del servicio podrá manipular la programación no sólo para almacenarla y verla cuando lo desee; sino que además, podrá hacer pausa, adelantarla o regresarla o saltar a otra parte del programa; es decir, podrá manipular la programación como si fuera la reproducción de un CD.

CableLabs y la plataforma OpenCable brinda las especificaciones para garantizar la compatibilidad de los Set Top Box de diversos fabricantes.

Capacidad requerida

La capacidad estimada para servicios de televisión IP se estima en 1.5 Mbps por cada canal de definición estándar (SDTV) y 8 Mbps por cada canal de alta definición (HDTV). Si consideramos que en cada casa se encuentran en promedio tres televisiones, tenemos que el ancho de banda mínimo será de 4.5 Mbps (considerando canales de definición estándar).

Arquitectura para ofrecer televisión IP

Dentro de la arquitectura necesaria para la distribución del servicio de televisión IP se debe considerar los siguientes módulos:

- Adquisición del contenido
- Almacenamiento y servidores de video
- Distribución de contenido
- Set Top Box (STB)
- Software

Adquisición del contenido

El contenido se puede obtener a través de Internet, de algún proveedor de contenidos o de un distribuidor de señales de televisión; para el caso de señales de televisión analógica, se utiliza codificadores que permiten que el flujo de video pueda ser transportado por IP. La elección del codificador (comúnmente denominado codec) es de suma importancia porque determina la calidad del video y audio final, la tasa de transferencia de bits necesaria para la transmisión, la robustez ante la pérdida de datos, el tipo de algoritmo de compresión, el retraso por transmisión entre otros factores.

Formatos de compresión en televisión IP

Dentro de los formatos de compresión de video empleados para televisión IP se encuentran los siguientes:

- H.261.- Fue el primer estándar de compresión de video digital. Fue la base para los formatos posteriores.
- MPEG-1.- Logra calidad similar al formato VHS. Es compatible con todos los computadores y casi todos los DVD.

- MPEG-2.- Es el usado en los DVD y permite imagen a pantalla completa con buena calidad.
- H.263.- Permite bajas tasas de transmisión con una calidad aceptable. Es usado especialmente en videoconferencia y videotelefonía.
- MPEG-4.- Ofrece una calidad mejorada con respecto a MPEG-2 y la primera versión de H.263
- PEG-4.- Es el más usado actualmente por una gran variedad de aplicaciones; siendo adoptado por productos como el Play Station Portátil, la gama de reproductores Nero Digital, la próxima versión de Mac OS X v10.4, entre otros.
- WMV.- se utiliza tanto para video de poca calidad a través de Internet con conexiones lentas así como para video de alta definición. Puede considerarse una mejora del MPEG-4.

Almacenamiento y servidores de video

Los servidores realizan diversas funciones, entre ellas el almacenamiento y respaldo de contenido, la administración del video bajo demanda, también proporciona información para la facturación del servicio.

Esta etapa está totalmente basada en plataformas de servidores IP con sistemas operativos tipo Linux y Windows, capaces de entregar múltiples flujos de video de manera simultánea.

Distribución de contenido

Es importante notar que a diferencia de un sistema de televisión por cable, en los sistemas IPTV no se hace combinación de señales porque el contenido se envía de manera independiente a cada suscriptor, a través de flujos individuales de video.

Set Top Box (STB)

Es el equipo receptor o caja decodificadora encargado de la recepción de decodificación de la señal digital de televisión IP, para luego ser mostrada en un televisor convencional analógico.

Algunos Set Top Box cuentan con disco duro, lo que permite almacenar la programación recibida para observarla tantas veces como se desee.

Software

El software es el responsable de presentar algunas funcionalidades del servicio al usuario final, de modo gráfico y amigable, como la guía de programación interactiva que corre en el Set Top Box del usuario.

CAPITULO 5

5 INTRODUCCIÓN A LA FIBRA OPTICA

Actualmente, los medios de comunicación necesitan niveles de velocidad y capacidad en la transmisión de datos, bien elevados, debido a la gran exigencia de los usuarios; las comunicaciones a largas distancias por medio de dispositivos avanzados es lo que ha logrado que en el área de telecomunicaciones se desempeñen de una manera más eficiente.

De esta forma, se ha llegado a alternativas de gran impacto, como es la fibra óptica; utilizada como opción para incrementar la densidad de las comunicaciones más rápidamente y con un mayor ancho de banda.

Para ello se estudiará a la fibra óptica como un medio de transmisión de datos; su principal característica constructiva es la de estar formada por un material dieléctrico generalmente de vidrio (silicio), aunque también puede ser de materiales plásticos, capaz de guiar una potencia óptica (lumínica), generalmente introducida por un láser o por un LED¹⁰. Las fibras utilizadas en telecomunicaciones a largas distancias son siempre de vidrio.

Las nuevas tecnologías como en el caso de la fibra óptica atraviesan diferentes ciclos en su desarrollo, por lo que se realizan acciones concretas para potencializar sus ventajas y disminuir sus desventajas entre una y otra tecnología, obteniendo mejores resultados.

¹⁰ LED Diode Emithing Ligth, Diodo Emisor de Luz

5.1 ANTECEDENTES DE LA FIBRA ÓPTICA

La historia de la comunicación por la fibra óptica comienza, en 1959, como una derivación de los estudios en física, que principalmente se enfocaban a la óptica; se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que posteriormente se le denominó rayo láser; luego fue aplicado al desarrollo de las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con una amplia cobertura.

Sin embargo al no existir los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones, originados en la fuente denominada láser, los científicos y técnicos especializados en óptica produjeron un ducto o canal, conocido hoy como la fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación debido a la baja atenuación que posee.

Se envió un comunicado dirigido a la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia, por parte de los laboratorios de Standard Telecommunications, en donde el grupo de investigadores, conformado por Charles Kao y G. A. Hockham, afirman que se podía disponer de fibras que contengan una mayor transparencia, con lo cual propusieron el uso de fibras de vidrio y luz.

Debido a los grandes esfuerzos realizados por los investigadores para la obtención de las fibras, éstas presentaban pérdidas del orden de los 100 dB/km, así como una gran fragilidad mecánica; fue entonces cuando se constituyó la base para mejorar las pérdidas de las señales ópticas, que hasta el momento eran significativas, demostrando que las grandes pérdidas se debían a impurezas diminutas específicas del propio cristal.

Entonces fue cuando, se fabricaron nuevas fibras obteniendo una atenuación de 20 dB/km, a la cual se destacó la banda pasante de 1 GHz para un largo de 1 km. Hoy ya existen fibras ópticas con atenuaciones tan pequeñas de hasta 1 dB/km, lo que es una cantidad considerablemente muy baja.

En 1970 los investigadores de Corning Glass, fabricaron una fibra óptica obteniendo pérdidas que eran tan solo de 17 dB/km; a principios de los años 80, las técnicas de fabricación mejoraron, con lo que se consiguió pérdidas de 0,5 dB/km,.

Las fibras conseguidas en ese momento, poseían una transparencia tal, que la señal podía recorrer unos cientos de kilómetros de fibra antes de llegar al nivel de energía en el que sea indetectable.

Hoy en día, debido a sus mínimas pérdidas de señal y a sus óptimas propiedades de ancho de banda, la fibra óptica es usada a distancias más largas que el cable convencional de cobre. Las fibras ópticas, poseen características tales como, peso y tamaño reducido, las cuales hacen que sea útil en entornos donde el cable de cobre sería imposible de tender.

La forma de usar la luz como portadora de información, se puede explicar debido a que se trata de una onda electromagnética, de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la diferencia de que su longitud de onda es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

En poco tiempo la fibra óptica se ha convertido en una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión de información. Lo novedoso de este material es lograr una mayor velocidad en la transmisión y disminuir casi en su totalidad los ruidos y las interferencias.

La reflexión interna total es el principio del que se basaron para la transmisión de luz, que viaja por el centro o núcleo de la fibra, incidiendo sobre la superficie externa (recubrimiento) con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de manera que la luz se refleje sin pérdidas hacia el interior de la misma fibra, transmitiéndose a largas distancias con el hecho de que se refleja miles de veces.

Para evitar las pérdidas que existen por dispersión de luz, el núcleo de la fibra óptica es recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor al núcleo; más adelante se explican los principios que se establecieron en la reflexión de la luz.

Las fibras ópticas no conducen señales eléctricas, por lo tanto tienen la capacidad de tolerar altas diferencias de potencial, sin usar ningún circuito adicional de protección y no existe ningún problema debido a los cortos circuitos; además de su gran ancho de banda que posee, puede ser utilizado para incrementar la capacidad de transmisión con el fin de reducir el costo por canal.

5.1.1 DEFINICIÓN

La fibra óptica consiste en una hebra delgada de vidrio o plástico, de alta pureza y con un diámetro de 50 a 125 micras, denominado núcleo, así como de un revestimiento que lo rodea y protege, que está, a su vez rodeado por un forro o funda de plástico que la resguardan contra la humedad, el aplastamiento y otros riesgos mecánicos del entorno a la fibra; a continuación se presenta la Figura 5-1 para visualizar las partes existentes.

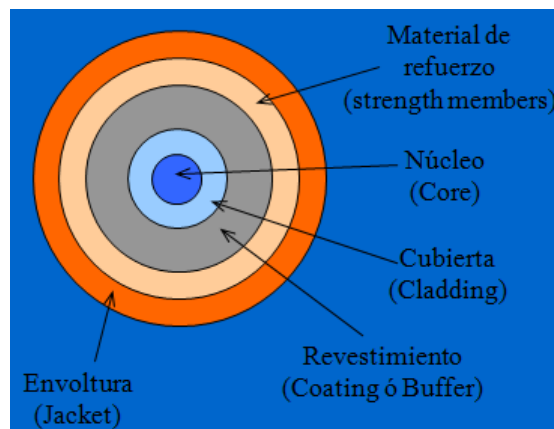


Figura 5-1 Constitución de la Fibra Óptica

Fuente: http://www.arcesio.net/capa_fisica/componentes_fisicos.ppt

Cada una de estas partes, están formadas por materiales con un distinto índice de refracción, para poder conformar guías de onda que propaguen ondas luminosas. El núcleo por ejemplo tiene un índice de refracción superior al índice de refracción del revestimiento. Por lo que esta diferencia de índices, provoca que la luz transmitida se produzcan múltiples y se propague a través del núcleo, satisfaciéndose de esta manera el principio de reflexión total interna.

Para hablar al respecto de fibras se utilizan los términos tales como 50/125, 62.5/125 o 10/125 micras, ya que nos estamos refiriendo a la relación entre el diámetro del núcleo y el diámetro del recubrimiento.

La luz que se envía en la fibra óptica se propaga a través del núcleo, en diferentes modos, los cuales representan los diferentes caminos posibles de las ondas luminosas. Las fibras ópticas poseen capacidades de transmisión enormes, del orden de miles de millones de bits por segundo.

En los conductores de fibra óptica se debe conducir el rayo luminoso por su interior, para ello se utiliza el efecto de la reflexión interna total y es necesario acoplar al núcleo un rayo luminoso desde el exterior con un ángulo que recibe el nombre de ángulo de aceptación.

Es necesario mencionar otro parámetro importante en una fibra, como es la apertura numérica que es el seno del ángulo de aceptación.

Siguiendo con los parámetros de la fibra óptica, la ventana de trabajo, que no es más que la longitud de onda central de la fuente luminosa que utilizamos para transmitir la información a lo largo de la fibra. La atenuación que sufrirá la señal transmitida por kilómetro, que depende de la utilización de una ventana u otra.

Las ventanas de trabajo más comunes son: la ventana a 850 nm, la ventana a 1300 nm y la ventana a 1550 nm. Para obtener una idea, la atenuación es mayor si trabajamos en la primera ventana y menor si trabajamos en la tercera ventana.

5.1.2 APLICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA

Es debido indicar que cuando hablamos de las distintas aplicaciones que podemos encontrar con las fibras ópticas, en la que más se ha explotado a la fibra es en el campo de las telecomunicaciones; pero sus aplicaciones se extienden más allá, como por ejemplo la transmisión de luz a lugares muy reducidos, los sensores, la transmisión de imágenes para distintos fines, además de la telefonía, automatización industrial, sistemas computacionales, sistemas de televisión por cable y transmisión de información de imágenes astronómicas de alta resolución entre otros.

Las compañías en la actualidad necesitan reemplazar finalmente los cables de cobre de sus estaciones centrales e instalaciones domiciliarias, con fibras ópticas para poner a disposición servicios de modo interactivo y una amplia variedad de servicios de información para el abonado, incluyendo la T.V. de alta definición, principal objetivo del estudio, además de la opción de transportar miles de conversaciones simultáneas de voz digitalizada.

A continuación, se presentan diferentes campos de aplicación de las fibras ópticas:

- Distribución de una gran capacidad de los servicios telefónicos, video fónicos y de transmisión de datos, entre todos los abonados.
- Enlaces entre centrales telefónicas sin repetidora.
- Enlaces interurbanos con el uso de repetidoras.
- Enlaces transoceánicos por cable óptico submarino.
- Transmisión de datos.
- Distribución de señales de T.V., así como las teleconferencias.

- Enlaces cámara-estudio.
- Uso de sistemas de seguridad con video vigilancia.
- Enlaces entre computadoras.
- Interactividad con usuarios de T.V.
- Videos juegos en línea.
- Aplicaciones en tiempo real de gran ancho de banda.

5.1.3 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Se pueden describir muchas ventajas en la utilización de la fibra óptica, pero nos vamos a referir con mayor énfasis en la capacidad de transmisión, ya que depende principalmente del medio utilizado, es por ello que se puede utilizar un mayor ancho de banda.

- Tiene inmunidad a transmisiones cruzadas entre cables eléctricos, causadas por inducción magnética.
- Tiene inmunidad a las interferencias estáticas.
- Mayor capacidad debido al mayor ancho de banda disponible en frecuencias ópticas.
- Posee mayor resistencia a los extremos ambientales.
- No les afectada los líquidos corrosivos, gases y variaciones de temperatura.
- Poseen la característica de que pueden ser usados cerca de líquidos y gases volátiles, debido a que no son conductores de electricidad.
- Supresión de ruidos en las transmisiones.
- Mayor facilidad para implementar redes redundantes.
- Alta confiabilidad y privacidad en sus comunicaciones telefónicas.
- Posibilidad de daño casi nula.
- Tiempos de respuesta mínimos en la reparación de daños en comparación a los pares de cobre.

- Mayor número y rapidez en la implementación de nuevos servicios.
- Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.
- Compatibilidad con la tecnología digital.
- Fácil de instalar y gran seguridad.
- Bajas pérdidas y gran ancho de banda.
- Tamaño y Peso Reducido.
- Son fáciles de conseguir en el mercado, material base abundante (SiO₂)

5.1.4 INCONVENIENTES DE LA FIBRA ÓPTICA

Es así como en la fibra óptica, son muchas las ventajas que posee, existen algunos inconvenientes que debemos superar para optimizar a la misma, a continuación se mencionan algunos de ellos:

- Como mayor inconveniente tenemos que el coste de instalación es elevado.
- Fragilidad de las fibras ópticas.
- Hay dificultad de reparar un cable de fibras roto o averiado.
- Al ser, el coste alto en la conexión de fibra óptica, las empresas optan por cobrar la cantidad de información transferida (Mbs), más no por el tiempo de utilización; esto lleva a encarecer el servicio.
- Limitado personal técnico especializado en el campo de las fibras ópticas.

5.2 CLASIFICACIÓN

Las fibras ópticas son guías de ondas hechas de material dieléctrico que son capaces de guiar ondas electromagnéticas a diversas frecuencias. Dichas guías poseen pocas pérdidas (0.15 dB/km a 3dB/km) según el tipo de fibra que se use; y, se emplean para transmitir a frecuencias ópticas con una gran calidad.

Como ya lo mencionamos la fibra óptica consiste en una barra dieléctrica, de forma cilíndrica muy delgada, recubierto por otro material dieléctrico. El material que se usa para la fabricación, es un vidrio flexible y transparente, al cual se realiza un proceso de refinamiento con el fin de obtener un hilo sumamente puro; el material utilizado es Dióxido de Silicio (SiO_2). Materia prima que podemos encontrar en la arena del mar.

Existen tres tipos de fibras ópticas, las cuales se describen a continuación:

La fibra monomodo.- Contiene un núcleo tan fino que el camino de propagación de los modos es por poco directo. Por lo que la dispersión nodal es casi nula. Esta fibra es utilizada esencialmente para los sitios situados a largas distancias.

El pequeño diámetro del núcleo (10 μm), hace necesaria una potencia grande de emisión, motivo por el cual los diodos a laser son relativamente grandes.

Esta fibra óptica es más difícil de construir y manipular. Por lo tanto es más costosa pero permite distancias de transmisión muy superiores.

La fibra multimodo de índice escalonado.- Constituida de un núcleo más ancho y de un recubrimiento óptico en vidrio de diferentes índices de refracción.

Como su nombre lo indica, multimodo, los distintos rayos ópticos pueden recorrer diferentes distancias, lo que produce un desfase de los mismos al viajar dentro de la fibra. Por esta razón, la distancia a la que se puede transmitir esta limitada; hasta los 10 km.

La fibra multimodo de índice gradual.- Contiene un núcleo ancho, pero por motivo de construcción del mismo (varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción), el índice de refracción, como su nombre lo indica, varía gradualmente hasta alcanzar su máximo en el centro del núcleo. Lo que quiere decir que se reduce la dispersión nodal.

Después de realizar una breve introducción a los diferentes tipos de fibra óptica, vamos a presentar la Figura 5-2 comparativa, con la cual podemos realizar un análisis de este tema.

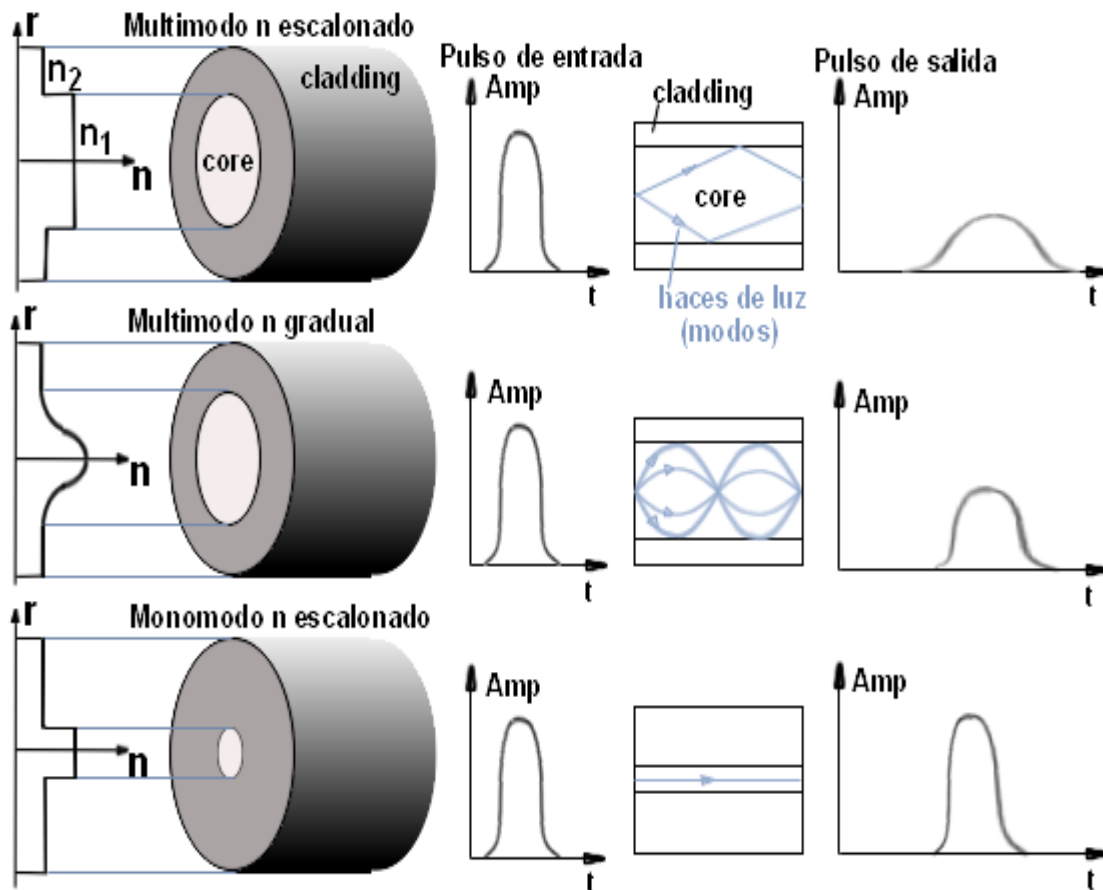


Figura 5-2 Constitución de los Tipos de Fibra Óptica

Fuente: <http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/>

Se debe considerar cuales van a ser las pretensiones al momento de elegir el tipo de fibra, que se usará en una determinada red; por esta razón se considera, a continuación

presentar la Tabla 5-1 de la misma manera comparativa para obtener más información, muy necesaria en el momento de la elección final de la fibra óptica a utilizarse.

CARACTERÍSTICAS	FIBRAS MULTIMODO		FIBRAS MONOMODO
	ÍNDICE ESCALONADO	ÍNDICE GRADUAL	
Diámetro del núcleo	$100\ \mu\text{m} < \varnothing < 600\ \mu\text{m}$	$50\ \mu\text{m} < \varnothing < 100\ \mu\text{m}$	$8\ \mu\text{m} < \varnothing < 10\ \mu\text{m}$
Diámetro de cubierta	$140\ \mu\text{m} < \varnothing < 1000\ \mu\text{m}$	$25\ \mu\text{m} < \varnothing < 150\ \mu\text{m}$	150 μm
Índice del núcleo	constante	-	creciente/decreciente
Banda de paso	20 a 10 MHz/Km	200 a 1200 MHz/Km	> 10 GHz/Km
0,85 μm	8 a 20 dB/Km		
1,30 μm		2,5 a 4 a 20 dB/Km	0,3 a 0,5 dB/Km
1,50 μm		0,6 a 1,5 dB/Km	0,15 a 0,3 dB/Km

Tabla 5-1 Características de los Tipos de Fibra Óptica

Fuente: El autor

5.3 FUNDAMENTOS PARA EL ESTUDIO DE LA FIBRA ÓPTICA

5.3.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Como ya conocemos el espectro electromagnético es el rango existente de todas las radiaciones, desde las bajas frecuencias conocidas como radio frecuencias, hasta las frecuencias altas conocidas como los rayos gamma. Generalmente, la radiación electromagnética se clasifica por la longitud de onda; como apreciamos en la Figura 5-4, existen las ondas de radio, microondas, infrarroja y sobre todo la región visible, que divisamos como luz, rayos ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

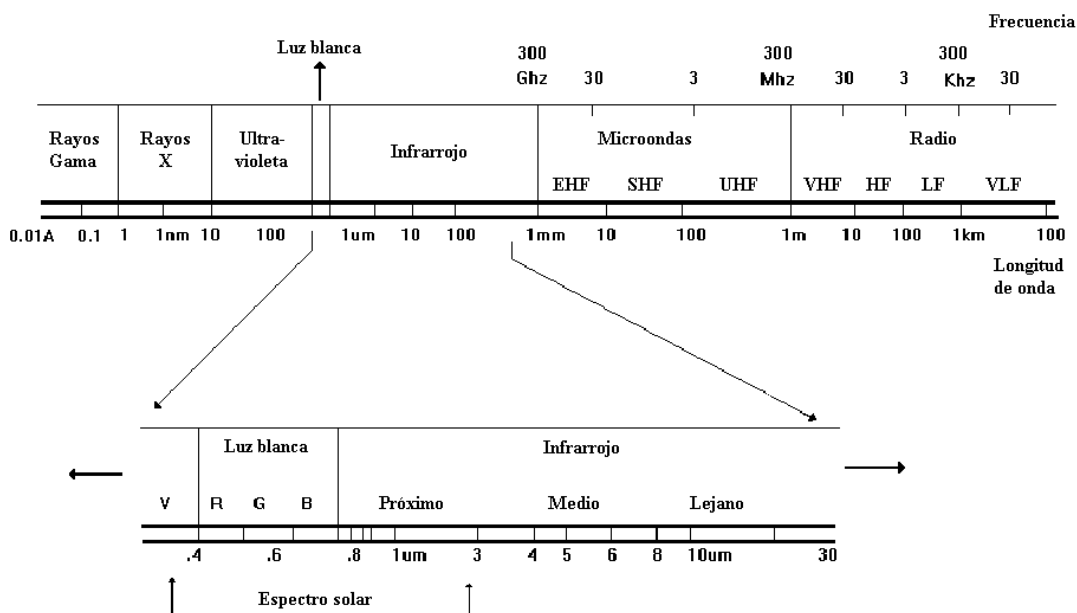


Figura 5-3 Espectro Electromagnético

Fuente: <http://paco-escarti.es/quart/fiq4/fiq4.html>

La radiación electromagnética que es detectada por el ojo humano y percibida como luz visible, tiene una longitud de onda aproximadamente de 400 a 700 nanómetros (nm). Otras longitudes de onda, sobre todo a las del infrarrojo, son las que se usan para transmitir datos a través de las fibras ópticas; debido a que dichas longitudes de onda pasan más fácilmente dichas fibras. Las tres ventanas principales que se usan para la transmisión de datos son la de 850 nm, 1310 nm y la de 1550nm.

Las longitudes de onda contenidas en la Figura 5-4 nos muestran la variación de la atenuación por kilómetro, de cada una de ellas, por lo que se debe considerar que en ciertas regiones existe una atenuación mínima.

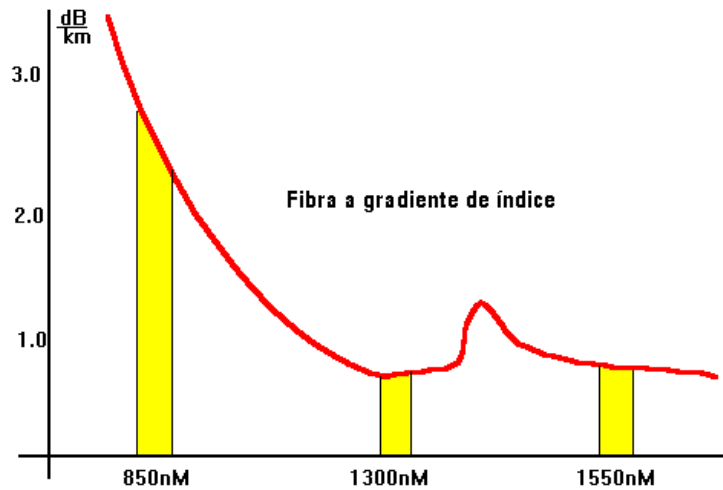


Figura 5-4 Atenuación vs. Longitud de Onda

Fuente: El autor

5.3.2 TEORÍA DE LA ÓPTICA RADIAL Y GEOMÉTRICA

Si se consideraría a la fibra como un solo núcleo, se generarían importantes fugas en forma de radiación; para ello se rodea al núcleo con un revestimiento, cuyo índice de refracción es menor al del núcleo, debido a ello, las pérdidas se reducen ya que mejora la reflexión obteniendo una mejor eficiencia de uso. A continuación en la Figura 5-5 se representa lo que ocurriría, con el fin de entender los fundamentos.

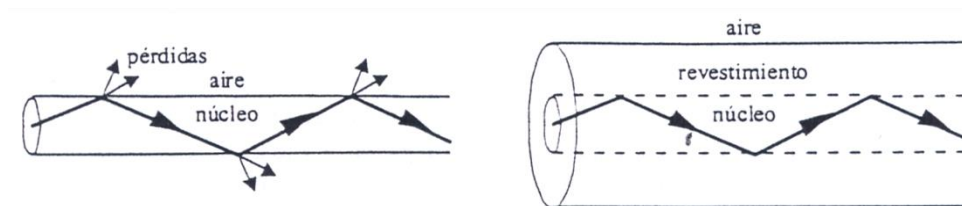


Figura 5-5 a) Fibra Óptica sin revestimiento, **b)** Fibra Óptica con revestimiento

Fuente: El autor

Cuando un rayo de luz viaja por un medio con índice de refracción n_1 como por ejemplo en el núcleo de la fibra, su velocidad v_1 es inferior a la que tendría en el vacío. Ambas velocidades están relacionadas por la ecuación del índice de refracción que se define como la velocidad de la luz en el vacío (c), dividido entre la velocidad de la luz en el medio.

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad \text{Ecuación 1}$$

También al índice de refracción se le interpreta como cuántas veces más grande es la velocidad de la luz en el vacío que en el material.

Ahora bien, si el rayo de luz que viaja por aquel medio con índice de refracción n_1 , se encuentra de pronto con un medio diferente, el cual tiene un índice n_2 , se producen los fenómenos de reflexión y refracción como se puede observar en la Figura 5-6.

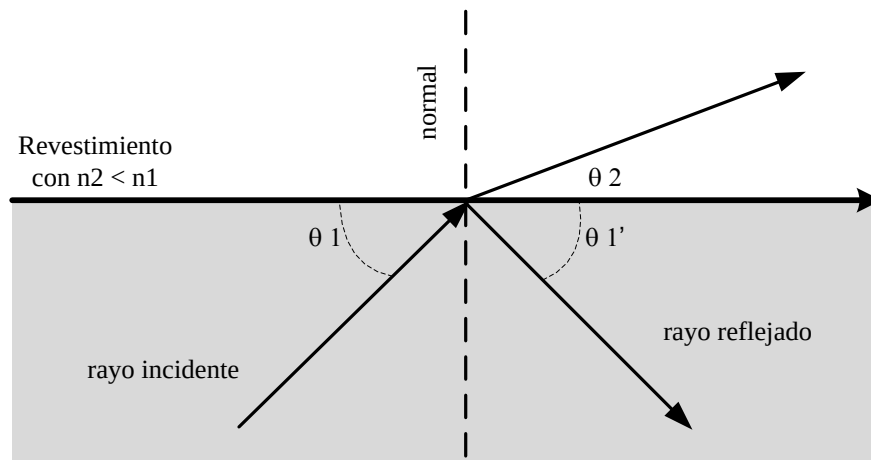


Figura 5-6 Reflexión y Refracción de un rayo de luz en la frontera de dos materiales

Fuente: El autor

5.3.2.1 Reflexión

Para comprender los fenómenos de reflexión, recurrimos a la Figura 5-7 donde un rayo de luz que se propaga a través de un medio homogéneo incide sobre la superficie de un segundo medio homogéneo, parte de la luz es reflejada. La cantidad de luz reflejada depende de la relación entre los índices de refracción de ambos medios.

El plano de incidencia se define como el plano formado por el rayo incidente y la normal en el punto de incidencia. El ángulo de incidencia es el ángulo entre el rayo incidente y la normal.

La ley de reflexión citada a través de la Figura 5-7, establece que el ángulo de reflexión de un rayo de luz, es equivalente al ángulo de incidencia.

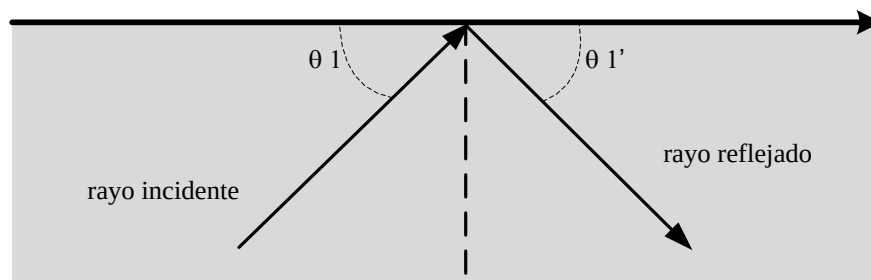


Figura 5-7 Ley de Reflexión

Fuente: El autor

5.3.2.2 Refracción

Al mismo tiempo, parte de la luz que incide sobre el material en la Figura 5-8 no se refleja, por lo que entra en el material como un rayo refractado, donde puede o no ser absorbido; el ángulo que forma el rayo refractado con la frontera del material, se puede deducir a partir de la ley de Snell:

$$n_1 \cdot \cos \theta_1 = n_2 \cdot \cos \theta_2$$

$$\theta_2 = \arccos \left[\frac{n_1}{n_2} \cos \theta_1 \right] \quad \text{Ecuación 2}$$

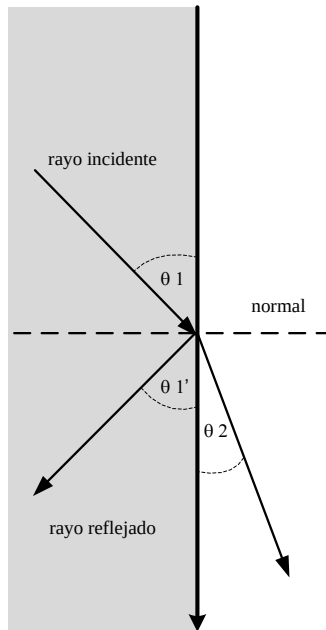


Figura 5-8 Ley de Snell

Fuente: El autor

5.3.2.3 Reflexión Interna Total

La reflexión interna total, es la base sobre la que se construye una fibra óptica, ya que hace que los rayos de luz reboten dentro de la fibra, en el límite del núcleo y el revestimiento. Se deben considerar dos factores importantes, para que los rayos de luz se reflejen dentro de ella, sin ninguna pérdida:

El núcleo debe estar construido con un material que tenga el índice de refracción mayor que del material que lo envuelve, llamado revestimiento. El ángulo de incidencia del rayo de luz, es mayor que el ángulo crítico para el núcleo y el revestimiento.

5.3.2.4 Ángulo Crítico

El ángulo crítico es el ángulo mínimo de incidencia en el cual se produce la reflexión interna total. Se conoce como ángulo crítico (θ_c) cuando el ángulo de refracción es de cero grados. Cuando esta última condición es alcanzada, ya no hay refracción y se dice que el rayo tiene reflexión interna total. Como solo existe reflexión interna total el rayo viajará a lo largo de la fibra rebotando una y otra vez formando una guía de onda. Cada vez que el rayo haga contacto con la frontera, al reflejarse sufrirá un cambio de fase.

$$\theta_c = \arccos \left[\frac{n_2}{n_1} \right] \text{ Ecuación 3}$$

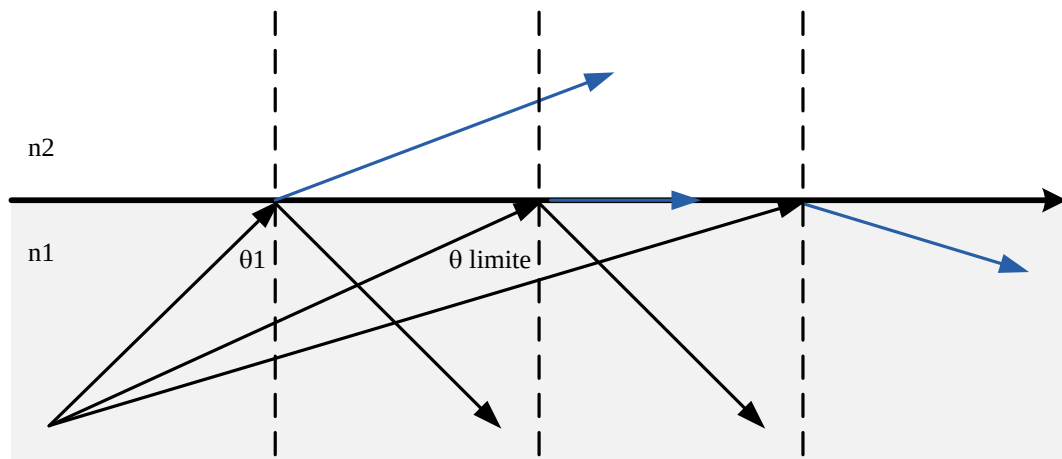


Figura 5-9 Reflexión Interna Total

Fuente: El autor

5.3.2.5 Apertura Numérica

La apertura numérica es el seno del ángulo de aceptación, y se relacionan directamente con la habilidad o eficiencia de acoplamiento de una fibra para aceptar la mayor cantidad de luz de la fuente emisora.

La apertura numérica del núcleo, son la cantidad de ángulos de los rayos de luz incidente que ingresan a la fibra óptica y que a demás son reflejados en su totalidad.

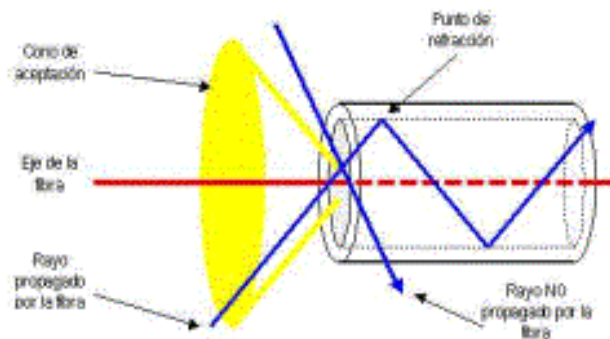


Figura 5-10 Apertura Numérica

Fuente: <http://orbita.starmedia.com/fortiz/Tema04.htm>

5.4 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

El tamaño de las fibras ópticas es una de las características mas notables ya que en la mayoría de los casos es de revestimiento 125 micras de diámetro, mientras el núcleo es aun más delgado. La cantidad de información transmitida es enorme, si se compara peso contra cantidad de datos transmitidos.

Conforme la señal avanza por el medio, va perdiendo su fuerza hasta llegar al punto en que si desea transmitirse a mayor distancia debe colocarse un repetidor, un dispositivo que le vuelva a dar potencia para seguir avanzando, este debilitamiento es conocido como distancia de umbral de la fibra óptica.

Un repetidor de fibra es aquel que toma una señal de luz, la convierte a señal eléctrica, la regenera y la coloca en un dispositivo de emisión de luz para que se siga propagando. Al igual que en la atenuación, la distancia máxima que puede alcanzarse está muy ligada con el tipo de fibra.

En las versiones más sencillas se logran distancias de unos dos Km entre el transmisor y en receptor; considerando fibras y equipos más sofisticados, las distancias pueden ir hasta los dos kilómetros y medio sin repetidor.

En aplicaciones de laboratorio se han alcanzado distancias que superan los cien km con un ancho de banda de 5 Gbps. sin la necesidad de usar los repetidores.

Para poder utilizar fibras ópticas de manera práctica y eficiente, estas deben ser protegidas contra todos los esfuerzos mecánicos, humedad y otros factores que afecten su desempeño. Para ello se les proporciona una estructura protectora. Dicha estructura de cables ópticos variará dependiendo de sí el cable será instalado en ductos subterráneos, enterrando directamente, suspendido en postes, sumergido en agua etc.

El propósito básico de la construcción del cable de fibra óptica es mantener estable la transmisión y las propiedades de rigidez mecánica, durante el proceso de manufactura, instalación y operación.

Las propiedades esenciales en el diseño del cable son la flexibilidad, identificación de fibras, peso, torsión, vibración, límite de tensión, facilidad de pelado, facilidad de cortado, facilidad de alineación del cable y la fibra, resistencia al fuego, atenuación estable, etc.

5.4.1 PARÁMETROS DE UNA FIBRA ÓPTICA

Existen una cantidad de parámetros que caracterizan a una fibra óptica. Se habla de parámetros estructurales y de parámetros de transmisión, que establecen las condiciones en las que se pueden realizar la transmisión de información.

Entre los principales parámetros estructurales se encuentran:

- El perfil de índice de refracción.

- El diámetro del núcleo.
- La apertura numérica.
- Longitud de onda de corte.

En cuanto a los parámetros de transmisión se tiene:

- Atenuación.
- Ancho de banda.
- Inmunidad a las Interferencias

El uso de medios transparentes para la propagación de ondas electromagnéticas en forma de luz hace que la fibra óptica no necesite voltajes ni de corrientes, esto lo convierte en un medio de comunicación prácticamente inmune a todo tipo de interferencias electromagnéticas a su alrededor; por lo tanto es un medio de comunicación confiable y seguro.

El hecho de no necesitar corrientes ni voltajes hace que la fibra óptica sea idónea para aplicaciones en donde se requiere de una probabilidad nula de provocar chispas, como el caso de pozos petroleros y las industrias químicas, en donde existe la necesidad de transportar la información a través de medios explosivos.

5.4.2 FABRICACIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO

Para tener una idea de la fabricación de las fibras mono modo, explicaremos cada una de las etapas por la cuales se deben pasar para obtener una de ellas.

La primera etapa consiste en el ensamblado de un tubo y de una barra de vidrio cilíndrico montados concéntricamente, en una especie de torno mostrado en la Figura 5-11. Se calienta del todo para asegurar la homogeneidad de la barra de vidrio.

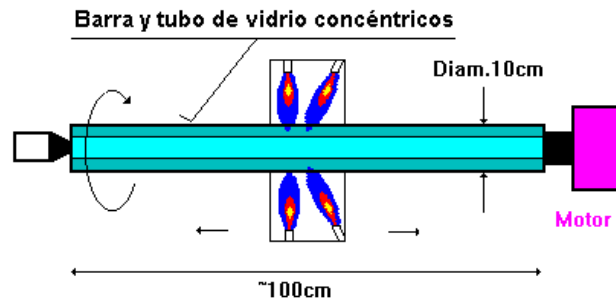


Figura 5-11 Etapa uno de fabricación de una fibra óptica

Fuente: http://usuarios.lycos.es/Fibra_OpticA/fabricacion.html

Una barra de vidrio de una longitud de 1m y de un diámetro de 10cm permite obtener por estiramiento una fibra mono modo de una longitud de alrededor de 150 km.

La barra así obtenida para la segunda etapa, será instalada verticalmente en una torre como la de la Figura 5-12, situada en el primer piso y calentada por las rampas a gas.

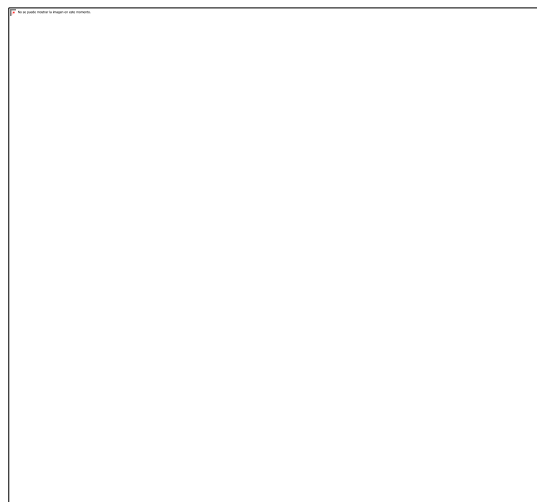


Figura 5-12 Etapa dos de fabricación de una fibra óptica

Fuente: http://usuarios.lycos.es/Fibra_OpticA/fabricacion.html

El vidrio se va a estirar por efecto de la gravedad, para luego en la tercera etapa, ser enrollado sobre una bobina, como vemos en la Figura 5-13. Antes de su enrollamiento, se mide el espesor de la fibra ($\sim 10\mu\text{m}$) para dominar la velocidad del motor del enrollador, a fin de asegurar un diámetro constante.

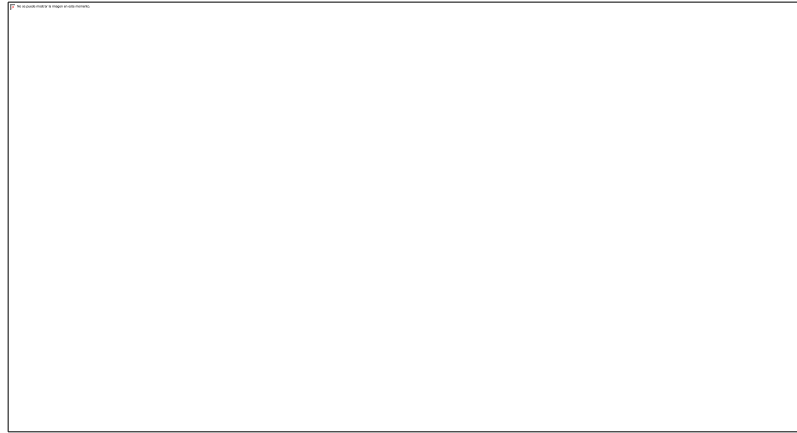


Figura 5-13 Etapa tres de fabricación de una fibra óptica

Fuente: http://usuarios.lycos.es/Fibra_OpticA/fabricacion.html

5.4.3 OTRAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

En estos últimos tiempos, la fibra óptica está evolucionando bastante, y ha dado origen a fibras con nuevas características:

Coberturas más resistentes.- La cubierta especial es extruida a alta presión directamente sobre el mismo núcleo del cable, resultando en que la superficie interna de la cubierta del cable tenga aristas helicoidales que se aseguran con los sub cables.(Figura 5-14).



Figura 5-14 Coberturas más resistentes

Fuente: http://usuarios.lycos.es/Fibra_Optica/curiosidades.html

Uso Dual (interior y exterior).- La resistencia al agua, hongos y emisiones ultra violeta; la cubierta resistente, contribuyen a una mayor confiabilidad durante el tiempo de vida.

Mayor protección en lugares húmedo.- En cables de tubo holgado rellenos de gel, el gel dentro de la cubierta se asienta dejando canales que permitan que el agua migre hacia los puntos de terminación. El agua puede acumularse en pequeñas piscinas en los vacíos, y cuando la delicada fibra óptica es expuesta, la vida útil es recortada por los efectos dañinos del agua en contacto. El resultado es una mayor vida útil, mayor confiabilidad especialmente ambientes húmedos.

Protección anti-inflamable.- Los nuevos avances en protección anti-inflamable hace que disminuya el riesgo que suponen las instalaciones antiguas de Fibra Óptica que contenían cubiertas de material inflamable y relleno de gel que también es inflamable.

Estos materiales no pueden cumplir con los requerimientos de las normas de instalación, presentando un riesgo adicional, y pueden además crear un reto costoso y difícil en la restauración después de un incendio. Con los nuevos avances en este campo y en el diseño de estos cables se eliminan estos riesgos y se cumple con las normas de instalación.

CAPITULO 6

6 INTRODUCCIÓN

La tendencia actual nos lleva a considerar las redes Híbridas Fibra Óptica-Coaxial (HFC, Hybrid Fiber-Coaxial) como las redes que facilitaran a los hogares de la población un amplísimo abanico de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones entre los que pueden citarse: vídeo bajo demanda (VoD, Video on Demand), pago por ver (PPV, Pay Per View), videojuegos interactivos, videoconferencia, telecompra, telebanca, acceso a bases de datos, etc.; así como los servicios que aparecen para convertirse en los productos estrella de las redes de televisión por cable, como son el acceso a Internet a alta velocidad y la telefonía.

La red llamada Hybrid Fiber-Coaxial (HFC), es una tecnología de acceso para redes básicamente de televisión por cable, pues ofrece mayores y mejores servicios, ya que posee mayor ancho de banda, con lo que permite entregar servicios de forma integrada y a través de un único acceso. El siguiente capítulo se basa en el estudio de las redes HFC, así como una parte importante va destinada al estudio de factibilidad ya que la implementación de una red HFC, reemplaza parte de la red coaxial con fibra óptica para conseguir mejor prestación de servicios y bidireccionalidad (interactividad con el abonado).

Se presentara de igual manera los dispositivos y elementos que de alguna forma buscan ser reutilizados en la propuesta de una red HFC que se desplegaría en el cantón Pasaje.

Debido a que las redes HFC son una evolución de las redes CATV, en primer lugar se describirá a continuación el significado y funcionalidades de las redes CATV antiguas.

6.1 REDES CATV (COMMUNITY ANTENNA TELEVISION)

Estas redes nacieron para resolver problemas de cobertura en las zonas donde la recepción era deficiente, debido a las malas condiciones de recepción de la señal de televisión que se daban en ciertas ciudades y barrios.

Las antenas para este tipo de redes se ubican en sitios elevados donde se obtenga una buena recepción, desde allí se distribuía la señal mediante cable coaxial a los diferentes asuarios; por esta ubicación de la antena en un sitio elevado se le dio una denominación a lo que se conoce hoy como “downstream” o comunicación en el sentido emisor-usuario.

Para mantener un nivel de señal adecuado los amplificadores son colocados cada 0.5 a 1 Km, como se estudio con anterioridad, la distancia máxima de los amplificadores depende del número total de usuarios que soliciten el servicio, mientras más usuarios existan, las distancias se acortan; otro factor de dependencia es la frecuencia máxima que se utilizará, a mayores frecuencias de trabajo menor distancia.

Las redes CATV son unidireccionales (Figura 6-1), ya que no se tenía la necesidad de utilizarlas en sentido ascendente pues el servicio de televisión consiste básicamente en la obtención de señales visuales en los receptores de los usuarios; por esta razón, los amplificadores actuaban con la única función de amplificar solamente las señales en sentido descendente.

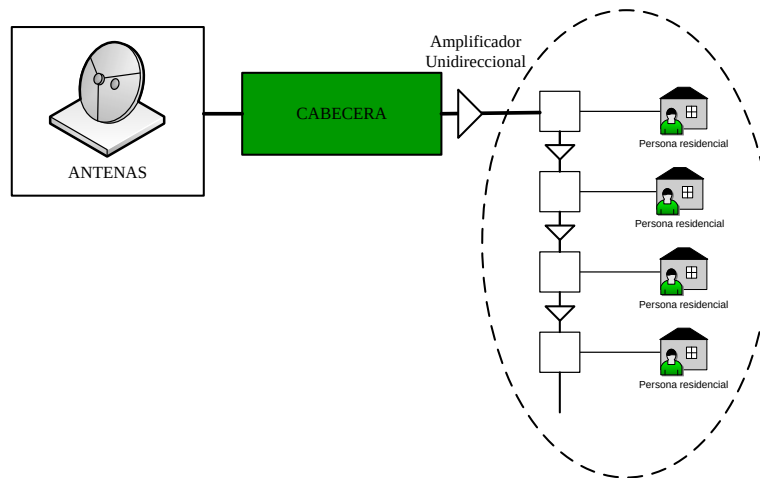


Figura 6-1 Constitución de una Red CATV

Fuente: El autor

6.2 REDES HFC (HYBRID FIBER-COAXIAL)

En los años 80 empezaron a funcionar las redes CATV con la arquitectura que le denominaron HFC, por la inserción de la fibra óptica para mejorar las redes que sólo funcionaban con cable coaxial. Con esta nueva arquitectura se buscaba resolver los problemas de gestión y mantenimiento que generaban dichas redes.

Para el diseño de esta red, se consideran dos niveles jerárquicos: el principal conformado por el tendido de fibra que distribuye la señal desde el centro emisor (cabecera o head end) hasta cada zona de la ciudad.

En las diferentes zonas de la ciudad se encuentran nodos, los que se encargan de convertir la señal óptica en eléctrica para su distribución final en cable coaxial a los usuarios. Se considera que cada zona abarca de 500 a 2000 usuarios.

La gran ventaja de este tipo de redes, fue la facilidad de la utilización de la red para el tráfico ascendente (upstream), con esto se permiten las labores de monitoreo y servicios tales como el de internet y VoIP.

La señal de televisión utiliza el rango de frecuencias altas entre 50-500 MHz para el sentido descendente de las señales analógicas de TV, así como las frecuencias entre 500-750/860 MHz para los servicios de televisión digital, internet y VoIP. Para el sentido ascendente se utilizan frecuencias entre 5 y 42 MHz, principalmente para el retorno de los datos provenientes de los clientes.

6.2.1 ARQUITECTURA DE UNA RED HFC

Además del servicio de distribución de señales de TV, la red HFC tiene capacidad para transportar servicios bidireccionales como son la telefonía y los datos. Los servicios bidireccionales requieren que la red posea canal de retorno habilitado y diseño adecuado del área de servicio de cada nodo.

Como se puede ver en la Figura 6-2, la estructura básica de una red CATV coaxial tradicional varia circunstancialmente. La red HFC se descompone básicamente de una cabecera, la cual ha evolucionado hacia un centro de control y emisión, la red troncal de fibra óptica que distribuye las señales hacia los nodos primarios, la red secundaria que une estos con los nodos finales que reparten la señal a los usuarios mediante la red de distribución coaxial.

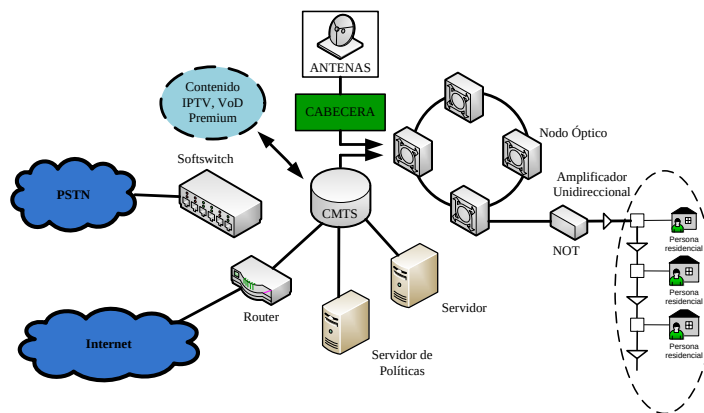


Figura 6-2 Arquitectura HFC (Híbrida Fibra-Coaxial).

Fuente: El autor

6.2.2 REDES DE ACCESO

FTTH (Fiber to the home).- Fibra hasta el usuario, como se puede ver en la Figura 6-3 (a), es la de mayor ancho de banda pero la más cara, con una topología tipo estrella, llegando una fibra a cada usuario.

FTTC (Fiber to The Curb).- Fibra hasta la acera o vereda, se concentran generalmente en armarios para desde ahí y mediante coaxial llegar hasta el usuario, como se observa en la Figura 6-3 (b). Es más barato que la FTTH.

FTTN (Fiber To The Node).- Fibra hasta el nodo, en la figura 6-3 (c) se observa la topología de esta red; cada 200 o 500 usuarios se unen con un cable coaxial en forma de bus, los coaxiales se concentran en los nodos que se unen mediante fibra óptica. Es el más barato y más utilizado.

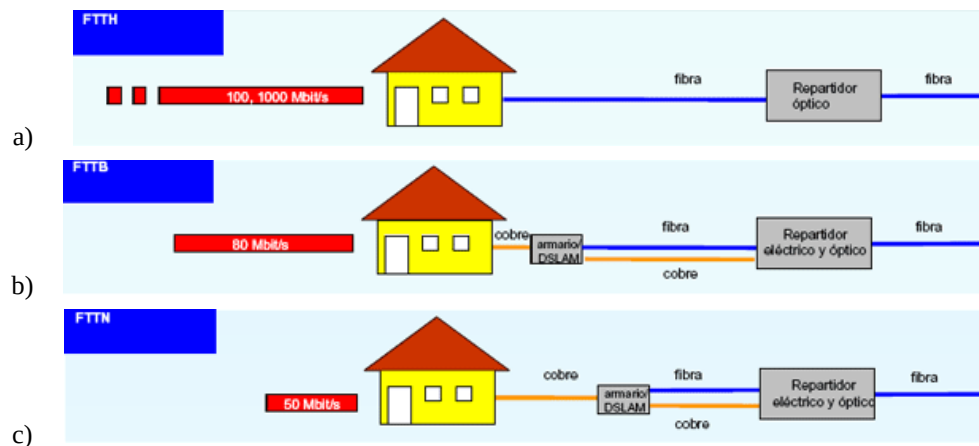


Figura 6-3 (a) Fibra hasta el hogar, (b) Fibra hasta la acera, (c) Fibra hasta el nodo

Fuente: [://www.adslnet.es/index.php/2008/02/11/fibra-optica-ftth-vdsl2-el-problema-esta-en-el-acceso/](http://www.adslnet.es/index.php/2008/02/11/fibra-optica-ftth-vdsl2-el-problema-esta-en-el-acceso/)

6.3 COMPONENTES DE UNA RED HFC

Una red HFC está compuesta básicamente por una cabecera de red, la red troncal, la red de distribución, y el último tramo de acometida al hogar del abonado con su equipo terminal como se muestra en la Figura 6-2.

La Cabecera.- la cabecera es la encargada de recibir y reunir toda la información de vídeo y audio que se pretende difundir; como modularla, multiplexarla, propagarla a los usuarios, monitorizar la red para supervisar su correcto funcionamiento, realizar la tarificación y control de los servicios prestados a los usuarios.

Mediante el monitoreo, el requerimiento indispensable de las redes actuales de cable, se analiza la fiabilidad de la red debido a la complejidad de las nuevas arquitecturas y a la sofisticación de los servicios que transportan. Una cabecera de red puede atender millones de hogares.

Red Troncal.- ya después de que la información es manejada por la cabecera, se entrega a la red troncal donde se utiliza netamente fibra óptica, la mayor ventaja que tiene esta fibra es de eliminar la larga serie de amplificadores de banda ancha que insertan mucho ruido a la red y aumentan los fallos potenciales en el sistema de cable; cabe recalcar que los únicos amplificadores que permanecerán entre la cabecera y el usuario son los que se encuentran en la red de distribución.

La topología de la red troncal, suele estructurarse en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios como se muestra en la Figura 6-4; debido a niveles de seguridad. Los nodos primarios alimentan a otros nodos llamados secundarios mediante enlaces punto a punto o bien mediante anillos.

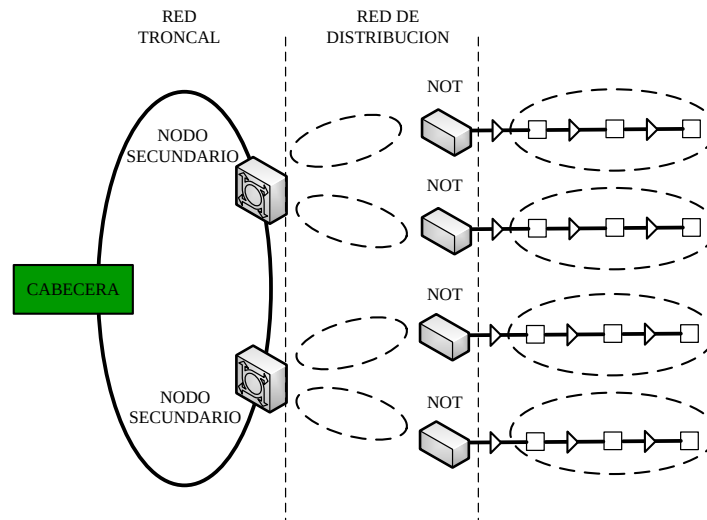


Figura 6-4 Red troncal a dos niveles

Fuente: El autor

Los nodos de red o nodos primarios incluyen generalmente amplificadores y divisores ópticos. Un nodo de red puede atender hasta unos 80.000 hogares.

Esta estructura emplea habitualmente tecnología PDH ó SDH (Jerarquía Digital Plesiócrona y Síncrona, respectivamente), que permite construir redes basadas en ATM (Modo de Transferencia Asíncrono).

Red de Distribución.- en los nodos secundarios se realiza la transición de las señales ópticas a señales eléctricas y viceversa (TRO, Terminal de Red Óptica); desde este punto se distribuyen a los hogares de los usuarios a través de una estructura tipo bus de coaxial, con la cual contamos en la actualidad; cada nodo tiene capacidad para alimentar unos 500 hogares, considerando un tamaño habitual en las redes HFC. Con esto se consiguen unos buenos niveles de ruido y distorsión en el canal descendente.

Red de Acometida.- La red de acometida o conexión con el usuario es el último tramo del recorrido de las señales descendentes, desde la última derivación hasta la base de conexión del usuario. Los usuarios se enlazan al terminal de red óptica a través de una

red de tipo coaxial. Como se menciono con anterioridad, un terminal de red óptica puede atender a unos 600 usuarios, aunque normalmente se establece un número de 300 con el objetivo de facilitar la implementación del canal ascendente.

Los usuarios se conectan a la red HFC mediante el Punto de Terminación de Red (PTR, Set Top Box, Cable Modem, Adaptador de Terminal multimedia) que se instala en su domicilio que constituye la límite entre la infraestructura del operador de red y la red misma del usuario.

Tanto el canal ascendente como el descendente son canales compartidos, pero en las redes HFC los canales sólo son compartidos por los usuarios de una misma zona, más no entre zonas diferentes. En función de la densidad de usuarios del servicio de datos de cada zona el operador puede adoptar estrategias como las siguientes:

- En zonas en las cuales la densidad es baja, se pueden agrupar varias zonas en un mismo canal compartido, con lo que se comportaría todo como una misma zona.
- En zonas que se tiene una densidad alta se pueden asignar varios canales, ya sean ascendentes y/o descendentes a una misma zona, dando como resultado la división de una zona en dos partes.

6.4 ANALISIS GENERAL DE LA SITUACION ACTUAL DE LA RED

La empresa de Televisión por cable Pasaje TV, que de aquí en adelante se la denominará únicamente TERACOM S. A., ha iniciado un proyecto de repotencialización de su red; por esta razón, se desarrollará el presente análisis de factibilidad para la implementación de nuevos servicios en la red CATV, la cual sufrirá una transformación para ello este trabajo servirá de base para una futura implementación; logrando así, potencializar la empresa en beneficio de sus clientes y de sus propietarios.

A continuación se da una visión general de la empresa TERACOM S. A. así como también de la infraestructura y los equipos necesarios que se utilizarían en la prestación del servicio de Triple Play.

6.4.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

La empresa TERACOM S. A., fue creada legalmente en el año 2008 por un grupo de inversionistas locales, luego de un largo período en la que la empresa privada Pasaje TV prestara servicios de televisión por cable a dicho Cantón, la cual recibió una captación del 3.17% dentro del mercado; para lo cual se realizó un estudio de factibilidad del cual se obtuvo como conclusión, que la mayor parte de los habitantes del Cantón Pasaje no cuentan con el servicio de televisión abierta con niveles de calidad elevados y que muy pocos cuentan con el servicio de televisión por cable.

Actualmente TERACOM S. A. tiene sus oficinas en la Av. Machala 123 entre Bolívar y Azuay, Pasaje, provincia de el Oro y opera en el Cantón mencionado mediante concesión otorgada por el CONSEJO NACIONAL DE RADIODIFUSIÓN Y TELEVISIÓN (CONARTEL) para la explotación del servicio de televisión por cable y servicios agregados en la ciudad de Pasaje.

6.4.2 SERVICIO OFRECIDO

La empresa TERACOM S. A. actualmente brinda el servicio de televisión por cable sin codificar, ofreciendo a sus clientes 60 canales dentro de los cuales se encuentran incluidos 15 canales nacionales.

El método de acceso hacia el usuario final es a través de cable coaxial.

6.4.3 CLIENTES ACTUALES

Hasta la fecha la empresa TERACOM S. A. tiene aproximadamente 2500 usuarios, distribuidos en la ciudad de Pasaje, provincia de el Oro, en el Anexo 3, se presenta el mapa respectivo de la red de distribución de los clientes de dicha empresa.

6.4.4 SERVICIOS QUE DESEA OFRECER

TERACOM S. A. en su afán de posicionarse en el mercado como una empresa líder y referente del mercado, busca ampliar sus servicios, y por disponer de una red de gran capacidad, ha centrado su atención en el servicio de Internet de banda ancha, Voz IP (VoIP), así como también el servicio de televisión interactiva.

De esta manera, se pretende repotencializar a la empresa para luego pensar en una futura ampliación tal como se había pensado inicialmente.

En el capítulo 3, se describe la red y los equipos con los que cuenta TERACOM S. A. para la prestación de su servicio; la descripción de los equipos, está centrada en dicho capítulo, así como la función que cumple cada uno de ellos dentro de la red, mas no al aspecto técnico de los mismos.

La fibra óptica proporciona la ventaja de cubrir distancias razonablemente largas con un mínimo de amplificación y regeneración de la señal. Sin embargo, debido a la naturaleza de esta tecnología, el costo y tamaño de los multiplexores/demultiplexores ópticos, rara vez se la utiliza para conectar los nodos directamente a los clientes.

El cable coaxial proporciona una capacidad de ancho de banda de 1000 Mhz aproximadamente, a la vez que permite que nuevos usuarios sean insertados en la red sin producir interferencias a los demás usuarios. La limitación de este sistema radica en la necesidad de amplificar la señal al cubrir grandes distancias.

Estas redes pueden utilizarse actualmente no solo para transmitir televisión por cable, sino también datos, telefonía, entre otros servicios corporativos.

6.5 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA CONSTITUCION DE UNA RED HFC

Dentro de las redes Híbridas Fibra-Coaxial se distinguen los siguientes partes:

- Cabecera
- Red primaria
- Nodo óptico
- Red de distribución
- Red de acometida

CABECERA (HEAD END)

La cabecera es el lugar en donde se reciben las señales de televisión provenientes de satélites o de estaciones terrenas a través de diferentes tipos de antenas; una vez recibidas, las señales son procesadas para luego ser distribuidas por la red hacia los usuarios, en la Figura 6-5 se presenta el respectivo diagrama de bloques de la cabecera.

En la cabecera, se pueden observar los siguientes equipos:

- Antenas para recepción satelital
- Antenas para recepción terrestre
- Receptores satelitales
- Demodulador
- Transcoder
- Moduladores
- Combinadores
- Transmisor óptico
- Sistema eléctrico de emergencia

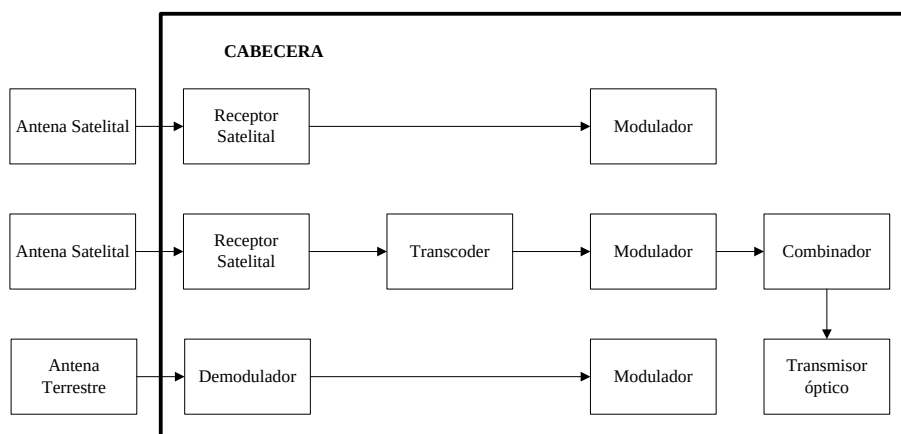


Figura 6-5 Diagrama de bloques de la Cabecera o Head End

Fuente: El autor

Antenas para Recepción Satelital

Para la recepción de señales satelitales, se utilizarán seis antenas de banda C y una antena de banda Ku, siete receptores LNB, 60 receptores satelitales digitales y cable coaxial flexible de baja pérdida RG6.

Antenas para Recepción Terrestre

Para el subsistema de recepción terrestre, como lo especifica la Norma Técnica vigente se utilizará antenas aéreas de banda ancha cuando el nivel de recepción es superior al requerido en el borde de cobertura secundario establecido en la Norma Técnica de Televisión Analógica.

Para la recepción de las señales de televisión se utilizarán los siguientes componentes:

- Antena receptora tipo Log periódica, banda ancha para banda I VHF, antena que estará apuntada al sitio de transmisión empleado por los canales abiertos en la zona.

- Antena receptora tipo Yagui, banda III VHF, antena que estará apuntada al sitio de transmisión empleado por los canales abiertos en la zona.
- Antena receptora tipo Log periódica, banda ancha para banda IV y V UHF, antena que estará apuntada al sitio de transmisión empleado por los canales abiertos en la zona.
- Demodulador / Modulador de señal que me permita adecuar la frecuencia de la señal recibida a la frecuencia a transmitirse en el cable; permite además mantener un nivel de salida estable, correcta relación entre portadora de audio y video.

Receptores Satelitales

Una vez recibida la señal por el satélite, ésta pasa a los receptores satelitales. Este equipo se encarga de separar los distintos canales provenientes de un mismo satélite; para lo cual, se programa al receptor satelital con los datos del satélite, la frecuencia a sintonizar y del Symbol Rate; en el caso de canales digitales, se debe añadir al receptor satelital la información del código FEC (Forward Error Correction); todos éstos parámetros son proporcionados por los operadores del satélite. Además de lo mencionado, el receptor satelital se encarga de proporcionar la alimentación eléctrica necesaria para el LNB (Bloque de Bajo Ruido por sus siglas en inglés), el cual se encuentra ubicado en el foco de la antena parabólica.

A la salida del receptor satelital se tiene por separado la señal de audio y la de video, las cuales pasan a un modulador.

Demodulador

Las señales captadas por las antenas de recepción terrestre pasan a un equipo demodulador; el cual, cumple las mismas funciones que un receptor satelital, aunque se diferencia de este último en las frecuencias de recepción, ya que capta las señales de

televisión ubicadas en la banda VHF (Very High Frequency); es decir, las frecuencias comprendidas entre los 54MHz y los 216MHz.

La programación de este equipo es más sencilla, ya que únicamente necesita como parámetros la frecuencia a captar y la frecuencia de salida de la señal. Al igual que los receptores satelitales, se tiene a la salida la señal de audio y la de video por separado. Las impedancias de entrada y salida son iguales a las de un receptor satelital.

Transcoder

Este equipo se encarga de eliminar la sincronía de la señal de video en determinados canales, con el fin de impedir que los usuarios tengan acceso a canales PPV; para esto, se modula únicamente la portadora de video a una frecuencia diferente dentro del ancho de banda del canal analógico. Al eliminar la sincronía de la portadora de video se consigue que la imagen no pueda ser vista en el televisor, aunque el audio del canal si puede ser escuchado.

Muchas veces el transcoder es denominado codificador de señal. La recuperación de la señal se la realiza a través de filtros a nivel de la red de acometida.

Moduladores

Una vez que se tiene las señales de audio y video de cada canal internacional y de cada canal nacional, éstas pasan por un equipo modulador; en el cual, son ecualizadas para corregir la diferencia de amplitud en función de la frecuencia provocada por el cable. Ambas señales son moduladas por separado a la frecuencia en la cual van a ser transmitidas; dependiendo del tipo de modulador, esta frecuencia puede ser fija o sintonizable; luego de la etapa de modulación, las señales son filtradas para eliminar los armónicos propios de la modulación; a continuación las portadoras moduladas de audio y video son amplificadas para garantizar calidad en la señal del canal. Una vez amplificadas pasan por un combinador y vuelven a ser filtradas para evitar cualquier

inserción extraña propia del combinador; una vez realizado este proceso, la señal de radio frecuencia es amplificada hasta alcanzar niveles típicos de 55 dBmV y posteriormente sale del modulador.

Combinadores

A la salida de cada modulador se encuentra una señal RF de determinada frecuencia; como todas deben viajar por el mismo canal, se emplean combinadores, los cuales multiplexan en frecuencia las señales que reciben.

Una vez que todas las señales son combinadas en una sola, ésta es derivada y una parte de la señal se distribuye hacia los usuarios más cercanos al Head End mientras que la otra señal pasa al transmisor óptico.

Transmisor Óptico

Este equipo se encarga de transformar la señal de radiofrecuencia compuesta por todos los canales a transmitir en pulsos de luz; con la finalidad de transportarla por fibra óptica hasta un punto central del barrio al cual se desea brindar el servicio de televisión por cable. En la Figura 6-6 se aprecia dicho transmisor óptico.

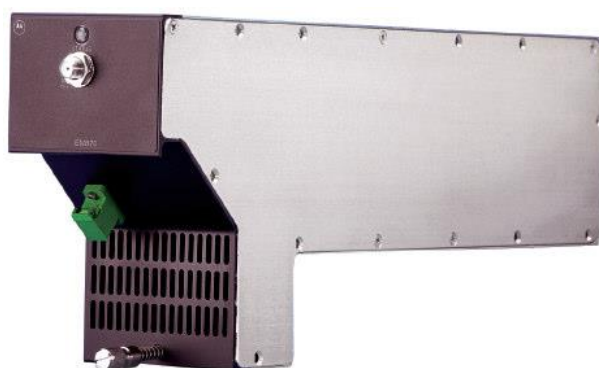


Figura 6-6 Transmisor Óptico.

Fuente: <http://www.wiretechsa.com.ar/equipamiento-óptico.html>

Para realizar la transmisión de la señal óptica se utilizará un Transmisor Óptico marca PICO MACOM, Modelo PFT 1310 Series, el cual trabaja con potencias de 6 a 14dB; los parámetros técnicos más relevantes de este transmisor óptico pueden ser apreciados en la tabla 6-1.

PARÁMETRO	VALOR
Potencia de salida	6 – 14 dB
Longitud de onda	1310 nm
Rango de frecuencias	54 -860 MHz
RF input level	15 – 20 dBmV
C/N	> 50 dB
CSO	> 60 dB
CTB	< 65 dB

Tabla 6-1 Características técnicas de un Transmisor Óptico.

Fuente: El autor

RED PRIMARIA

También conocida como red troncal, está formada por la red de fibra óptica, la cual se dirige desde la cabecera o Head End hacia los distintos nodos ópticos.

La principal ventaja de utilizar fibra óptica en la red primaria es el hecho de transportar la señal una gran distancia sin necesidad de amplificación.

La red primaria que con la cual TERACOM S. A. pretende repotencializar su red cuenta con un cable de fibra óptica monomodo, el cual está conformado en su interior por 12 hilos; de los cuales, se distribuirán para los diferentes nodos ópticos de manera eficiente, con el fin de lograr una mayor penetración dentro del mercado local.

La red troncal HFC se extenderá a través de un tendido aéreo, es decir, utilizando los postes del tendido eléctrico ya existentes, para lo cual se requerirá la autorización correspondiente. Al existir una estructura de postes ya establecida, la ruta de la red seguirá la ruta de los postes.

Red Pasiva y Activa

La red Troncal HFC, es la encargada de transportar la señal desde el Head End hacia los nodos con señal de tipo óptica, a través de hilos de fibra óptica.

La señal es previamente convertida en formato óptico a través de los transmisores ópticos e insertada en la fibra, para luego ser recibida por receptores ópticos y a través de los nodos, convertida en señal eléctrica y amplificada para ser insertada en la red troncal coaxial.

La fibra óptica a ser utilizada es una fibra monomodo de 12 hilos, marca CommScope, que trabaja en la ventana de 1310nm, que tiene las siguientes características técnicas, mostradas en la tabla 6-2:

PARÁMETRO	VALOR
Longitud de onda	1310 nm
Atenuación	0,35 dB/Km
Diámetro de campo modal	9,2 + 0,3 um
RF input level	15 – 20 dBmV
Índice de refracción de grupo	1,466
Conectores	F tipo hembra

Tabla 6-2 Características Técnicas Fibra Óptica CommScope

Fuente: El autor

Nodo Óptico

Es el equipo en el cual termina la red primaria y comienza la red de distribución. Está constituido por un receptor óptico y un amplificador de radio frecuencia.

El receptor óptico se encarga de transformar los pulsos de luz en la señal de radiofrecuencia que contiene los canales de televisión. La conversión es desarrollada por un diodo fotodetector PIN (semiconductor tipo P, semiconductor intrínseco, semiconductor tipo N).

La señal que sale del receptor óptico pasa a un amplificador de radio frecuencia, el cual se encontrará instalado en un poste de energía eléctrica; y preferiblemente, debe ser instalado en el centro de la zona a cubrir.

Para la recepción se utilizará un receptor óptico Marca PICO MACON, modelo PFR – 2 Optical Foward Receiver, el cual tiene un nivel de recepción de -3dBm a 3dBm. La tabla 6-3 muestra los parámetros técnicos más importantes de dicho receptor óptico.

PARÁMETRO	VALOR
Nivel de recepción	-3 dBm a 3 dBm
Longitud de onda	1310 nm
Rango de frecuencias	54 -860 MHz
RF output level	45 dBmV
C/N	> 50 dB
CSO	> 60 dB
CTB	< 65 dB

Tabla 6-3 Características técnicas de un Receptor Óptico

Fuente: El autor

En la Figura 6-7 se muestra la fotografía de un conversor óptico a RF.



Figura 6-7 Conversor Óptico a Radio Frecuencia.

Fuente: <http://www.avalva.es/novedades3.htm>

Finalmente, para la conversión de señal óptica a eléctrica, se utilizarán nodos marca PICO MACOM, modelo PON-2, tipo Outdoor, además la ubicación de los nodos, se ha realizado de acuerdo a la distribución geográfica y a la cantidad de viviendas que se debe servir, ya que cada nodo está dimensionado para distribuir a 200 hogares aproximadamente; la distribución de la red HFC puede ser apreciada en el plano del diseño de la red, en el Anexo 4. El equipo tiene las características técnicas mostradas en la tabla 6-4:

PARÁMETRO	VALOR
Longitud de onda de entrada	1290 a 1600 nm
Perdidas de retorno a la entrada óptica	> 45 dB
Rango de frecuencias	54 -860 MHz
Respuesta de frecuencia	+/- 1 dB
C/N	> 51 dB
Nivel de salida	48 dBmV
CTB	< 65 dB

Tabla 6-4 Características técnicas de un Nodo Óptico

Fuente: El autor

En la Figura 6-8 se muestra la fotografía de un nodo óptico.



Figura 6-8 Nodo Óptico.

Fuente: <http://www.arcolab.net/catalogo/index.php?categoryID=163>

RED DE DISTRIBUCIÓN

Está compuesta por una estructura tipo bus de cable coaxial que parte desde el nodo óptico y que lleva las señales provenientes de la cabecera a través de la zona a la que se desea dar el servicio hasta la última derivación antes de los hogares de los usuarios.

La red troncal coaxial se extenderá a través de un tendido aéreo, es decir, utilizando los postes del tendido eléctrico ya existentes, para lo cual ya se tiene la autorización correspondiente. La ruta de la red dependerá del diseño planteado que se puede apreciar en los planos de diseño de red (Anexo 3).

Red Pasiva

Se utilizará una red troncal coaxial, encargada de transportar las señales de audio y video a lo largo de la red y mantener los niveles de de señal a lo largo de toda la red. El cable utilizado para la red troncal es un cable RG 500 marca CommScope, el cual tiene las siguientes especificaciones técnicas presentadas en la tabla 6-5.

PARÁMETRO	VALOR
Conductor central	cobre
Recubrimiento sólido	100 %
Diámetro de conductor central	2,77 mm
Dieléctrico	11,43 mm
Recubrimiento metálico	0,61 mm
Chaqueta	14,22 mm
Mensajero	2,77mm
Atenuación 400 MHz	5,02 dB

Tabla 6-5 Características técnicas Cable Coaxial RG 500 CommScope.

Fuente: El autor

En la red de distribución se encuentran los siguientes elementos:

- Amplificadores de radio frecuencia
- Tomas (Taps)

Amplificadores de Radio Frecuencia

La perdida de transmisión, es la reducción en el nivel de la señal conforme esta avanza a través de los cables de la red. La atenuación presentada por el cable es función de la

frecuencia, lo que provoca que los canales de frecuencias más altas sufran una mayor degradación que los canales de frecuencias más bajas.

Estas características del sistema, atenuación y respuesta en frecuencia, son compensadas en la red con la inclusión de amplificadores. Todos los amplificadores hoy utilizados, se alimentan a través del mismo cable de señal.

Toma (Tap)

Este dispositivo permite derivar una parte de la energía de radio frecuencia hacia la red de acometida; los parámetros que más definen a un tap son:

- **Valor en dB de la derivación:** es el valor en dB que la señal de RF se atenúa desde la red de distribución con relación a las salidas derivadas
- **Número de salidas:** es el número de salidas derivadas del tap
- **Valor en dB de la inserción:** es el valor en dB que la señal de RF se atenúa a través de la red de distribución.

RED DE ACOMETIDA

Es la parte de la red a través de la cual la señal de radio frecuencia llega al televisor desde una de las salidas derivadas del tap.

Se utilizará una red de distribución coaxial, encargada de transportar las señales de audio y video desde la línea de distribución hasta el receptor de abonado, y su misión fundamental es entregar la señal de audio y video al usuario con un nivel adecuado para ser procesado por el receptor. El cable utilizado para la red de abonado es un cable RG 6 marca CommScope, el cual tiene las siguientes especificaciones técnicas, citadas en la tabla 6-6.

PARÁMETRO	VALOR
Conductor central	cobre
Recubrimiento malla	60 %
Diámetro de conductor central	1,02 mm
Dieléctrico	4,57 mm
Recubrimiento metálico	4,75 mm
Chaqueta	7,06 mm
Atenuación 400 MHz	13,61 dB

Tabla 6-6 Características técnicas Cable Coaxial RG 6 CommScope

Fuente: El autor

Ya que presenta mejores características físicas/mecánicas para su instalación dentro de las casas de los usuarios.

En la red de acometida encontramos los siguientes elementos:

- Divisores (Splitters)
- Filtros

Divisores (Splitters)

Los divisores o splitters son dispositivos que dividen la energía de RF de la entrada en dos partes iguales; es decir, divide la señal de entrada y la reduce en 3dB; sin embargo, este valor es teórico, ya que normalmente se obtiene valores entre los 3.5 y 4.5dB (por pérdidas adicionales en la conexión), los cuales deben ser considerados al momento de la instalación, para garantizar un buen nivel de señal a la entrada del televisor.

Las pérdidas de inserción son un valor muy importante a la hora de hacer la instalación en el usuario, ya que se debe garantizar en la entrada del televisor niveles de potencia comprendidos entre los 0 y 10 dBmV.

Filtros

Dentro de la señal que ingresa al televisor del usuario, también se encuentra la señal del canal PPV; para recuperar ésta señal y poderla visualizar, es necesario instalar un equipo diseñado especialmente para que module y filtre la frecuencia del canal PPV y recupere la sincronía de la portadora de video. La acción de este filtro se limita exclusivamente al canal pago por ver y no tiene efecto alguno sobre la frecuencia del resto de canales.

6.6 ESTRATEGIA DE ARQUITECTURA DE RED PARA LA OPERADORA DE CATV TERACOM S.A.

El papel de las redes de TV por cable en la sociedad de la información, significan un conjunto de servicios que mejoran la calidad de vida de las personas, generando al mismo tiempo una mayor economía, además de nuevas empresas y nuevos puestos de trabajo.

En cambio las autopistas de la información, son las redes que transportaran estos servicios, por lo que deberán ser capaces de transportar de forma integrada, los distintos tipos de información, voz, video, datos.

A continuación vamos a explorar las posibilidades de la red de TV por cable TERACOM S.A. como alternativa para esta red de acceso.

6.7 PROYECCION DE LA DEMANDA

TERACOM S.A. deberá estar en la capacidad de administrar y ofertar cada uno de los nuevos servicios que desea brindar, por separado y acondicionándose a las

combinaciones que los usuarios soliciten. Por esta razón, el diseño de la Red, partirá de los resultados, que emite la SUPERTEL en su portal web, citados en el Anexo 5, donde se muestran los índices de penetración detallado para cada uno de los servicios.

Tomando como referencia los datos recopilados por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en la ciudad de Pasaje para el año 2009 es de personas 64900 habitantes aproximadamente, de los cuales 45600 habitantes corresponden al área urbana, mientras que los 19300 restantes corresponden al área rural.

Al igual que con los demás servicios, se debe garantizar que el servicio primordial de la red de televisión por cable TERACOM S.A. soporte eventuales crecimientos del número de usuarios; razón por la cual, se realiza este cálculo considerando la proyección del número de usuarios del servicio de televisión por cable para una proyección en los próximos 10 años (para el año 2019) utilizando el Método de Gompertz¹¹.

La ecuación de Gompertz es:

$$P = e^a * e^{-b*r^T} \text{Ecuación 3}$$

Donde:

P es la proyección al año T

T es el tiempo en años a partir de un origen determinado

¹¹ Benjamín Gompertz (Gran Bretaña, 5 de Marzo de 1779 – 14 de Julio de 1865), fue un matemático auto educado ya que se le negó el ingreso a la facultad porque era judío. Sin embargo, fue nombrado Miembro de la Royal Society en 1819. Gompertz es conocido hoy día por la Ley de Mortalidad de Gompertz

e constante de Euler¹²

a, b, r son parámetros de la ecuación. ($r < 1$)

El número de clientes de PASAJE TV en el año 2008 (año 0) fue 1900. Mientras que el número de clientes estimado por TERACOM S.A., ya con la nueva administración para el año 2009 (año 1) es de 2500; de la misma manera, considerando una saturación del mercado con 15000 usuarios a $T = \infty$ se tiene:

$$P = e^a * e^{-b*r^T}$$

$$15000 = e^{(a-b*r^\infty)}$$

$$15000 = e^{(a)}$$

$$a = \ln(15000)$$

$$a = 9,615$$

Ahora considerando los clientes en el año 2008 manejados por PASAJE TV ($T = 0$) se tiene:

$$P = e^a * e^{-b*r^T}$$

$$1900 = e^{(a-b*r^0)}$$

¹² El número e, conocido como número de Euler fue reconocido y utilizado por primera vez por el matemático escocés John Napier, quien introdujo el concepto de logaritmo en el cálculo matemático.

$$1900 = e^{(a-b)}$$

$$a - b = \ln(1900)$$

$$b = 9,615 - 7,549$$

$$b = 2,006$$

Mientras que si consideramos los usuarios actuales con los que se encuentra formado TERACOM S.A. al año 2009 ($T = 1$) se tiene:

$$P = e^{(a-b*r^1)}$$

$$2500 = e^{(9,615-2,006*r^1)}$$

$$9,615 - 2,006 \times r = \ln(2500)$$

$$r = 0,892$$

Por lo tanto, la ecuación del crecimiento de la densidad de usuarios de televisión por cable es:

$$P = e^{(a-b*r^T)}$$

$$P_{TV \text{ cable}} = e^{(9,615-2,006*0,892^T)}$$

La Figura 6-9 muestra la proyección del número de clientes del servicio de televisión por cable de la empresa TERACOM S.A. para un total de 10 años.

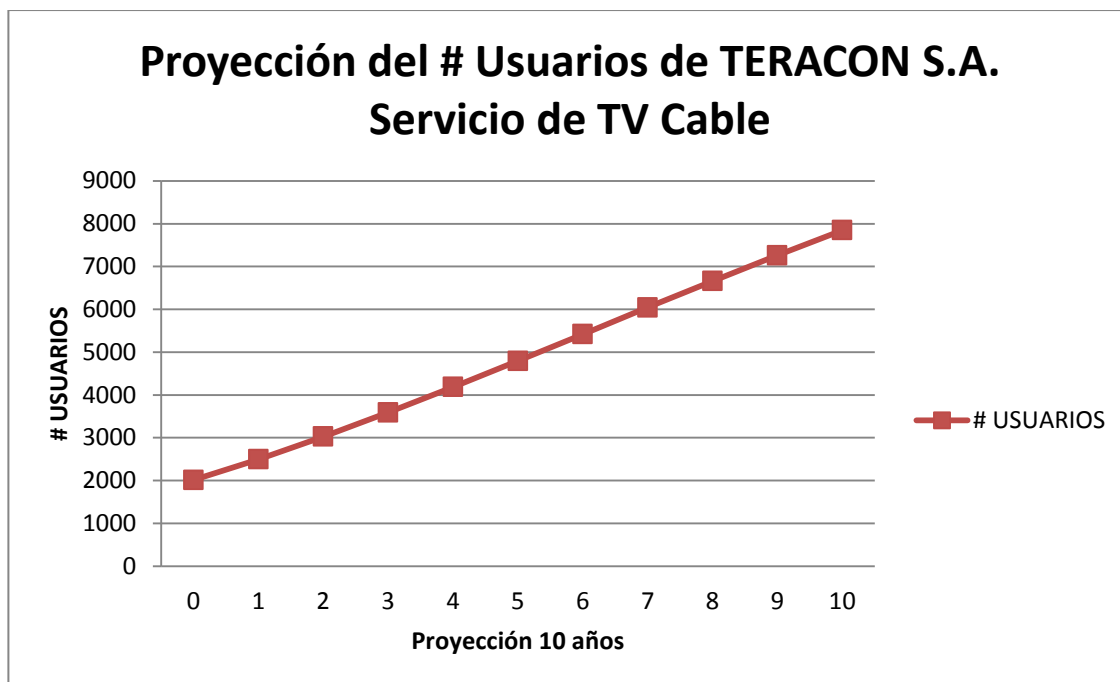


Figura 6-9 Proyección del # de Usuarios de TERACOM S.A. para el servicio de TV Cable.

Fuente: El autor

6.7.1 CAPACIDAD REQUERIDA PARA EL SERVICIO DE INTERNET

Es necesario realizar el cálculo de la capacidad requerida en la red para brindar el servicio de Internet; de este cálculo, se determinará el número de equipos que satisfacen los requerimientos del sistema. Para desarrollar el cálculo, se considerará que la penetración del servicio de Internet en la provincia de El Oro es de 1.43% según los datos tomados de la SUPERTEL en el mes de junio del presente año para lo cual se considera entonces la demanda de internet para usuarios que requieren banda ancha:

$$\# \text{ de usuarios de Internet} = 45600 \times 0.0143$$

$$\# \text{ de usuarios de Internet} = 652$$

Para el cálculo de la capacidad se considera que de los usuarios, un 70% contrata enlaces de 128 / 64 Kbps, un 25% contrata enlaces de 256 / 128 Kbps y el 5% restante contrata enlaces de 512 / 256 Kbps; dichas consideraciones fueron tomadas de los datos estadísticos que constan en la página Web, de la Super Intendencia de Comunicaciones.

El servicio de Internet de banda ancha se caracteriza por ser asimétrico; es decir, que la tasa de transferencia de datos descendente (cabecera-usuario) es mayor que la tasa de transferencia en sentido contrario. El primer valor de la velocidad contratada corresponde al canal descendente, mientras que el segundo valor corresponde al canal ascendente.

En la tabla 6-7 se observa la clasificación de los usuarios según la velocidad contratada así como el número estimado de usuarios dentro de cada clase.

CLASE DE USUARIO	VELOCIDAD CONTRATADA	USUARIOS	CAPACIDAD TOTAL (KBPS)
A	128/64 Kbps	456	58417/29208
B	256/128 Kbps	163	41726/20863
C	512/256 Kbps	32	16690/8345

Tabla 6-7 Proyección de usuarios del servicio de Internet en Pasaje

Fuente: El autor

Para calcular la capacidad necesaria para cada clase de usuario, multiplicamos la velocidad contratada por el número de usuarios que han contratado dicha velocidad.

Dado que el servicio de Internet no es ocupado durante todo el tiempo por los usuarios, se empleará compresión 8 a 1 en los usuarios pertenecientes a las clases A y B; mientras que, para los usuarios que pertenecen a las clases C se empleará compresión 4 a 1.

En la tabla 6-8 se observa la capacidad requerida al utilizar compresión.

CLASE DE USUARIO	CAPACIDAD TOTAL (KBPS)	CAPACIDAD TOTAL COMPRESIÓN (KBPS)
A	58417/29208	7302/3651
B	41726/20863	5216/2608
C	16690/8345	4173/2086

Tabla 6-8 Capacidades necesarias con compresión

Fuente: El autor

La capacidad total necesaria para brindar el servicio de Internet es igual a la suma de las capacidades individuales mostradas en la tabla anterior.

Capacidad total = 16,69 / 8,34 Mbps

Para hallar el número de canales de 6 MHz necesarios; se debe hallar la relación entre la capacidad total requerida para el servicio de Internet y la velocidad de transferencia de datos permitidas por DOCSIS, tanto en el canal descendente como en el ascendente. Estas velocidades se encuentran en la tabla 4-4.

Para el tráfico descendente se tiene:

$$\# \text{ de canales} = \frac{16,69\text{Mbps}}{42,88\text{Mbps}}$$

$$\# \text{ de canales} = 0,38 \text{ canales}$$

$$\# \text{ de canales} = 1 \text{ canal}$$

Para el tráfico ascendente se tiene:

$$\# \text{ de canales} = \frac{8,34\text{Mbps}}{30,72\text{Mbps}}$$

$$\# \text{ de canales} = 0,271 \text{ canales}$$

$$\# \text{ de canales} = 1 \text{ canal}$$

De igual manera que con el servicio esencial de TERACOM S.A. que corresponde a la suscripción por cable, se realiza el cálculo considerando la proyección del número de usuarios del servicio de internet los próximos 10 años, utilizando el Método de Gompertz.

El número de clientes que se consideraron dentro TERACON S.A. para el año 2010, se calculó por el índice de penetración que se mencionó con anterioridad; o sea para el año 0 se consideran 652 usuarios. Mientras que el número de clientes estimado por TERACOM S.A. para el año 1 es de 800 usuarios, se consideró una saturación del mercado con 6000 usuarios a $T = \infty$ se tiene:

$$P = e^{(a-b*r^T)}$$

$$6000 = e^{(a-b*r^\infty)}$$

$$6000 = e^{(a)}$$

$$a = \ln(6000)$$

$$a = 8,699$$

Ahora considerando los clientes que en el año 2010 se piensan manejar, en este caso para el año 0 se tiene:

$$P = e^{(a-b*r^T)}$$

$$652 = e^{(a-b*r^0)}$$

$$652 = e^{(a-b)}$$

$$a - b = \ln(652)$$

$$b = 8,699 - 6,480$$

$$b = 2,219$$

Mientras que si consideramos los usuarios con los que se pretende llegar a tener dentro de TERACOM S.A. al año 2011 ($T = 1$) se tiene:

$$P = e^{(a-b*r^1)}$$

$$800 = e^{(8,699-2,219*r^1)}$$

$$8,699 - 2,219 * r = \ln(800)$$

$$r = 0,907$$

Por lo tanto, la ecuación del crecimiento de la densidad de usuarios de internet es:

$$P = e^{(a-b*r^T)}$$

$$P_{Internet} = e^{(8,699-2,219*0,907^T)}$$

La Figura 6-10 muestra la proyección del número de clientes del servicio de internet de la empresa TERACOM S.A. para un total de 10 años.

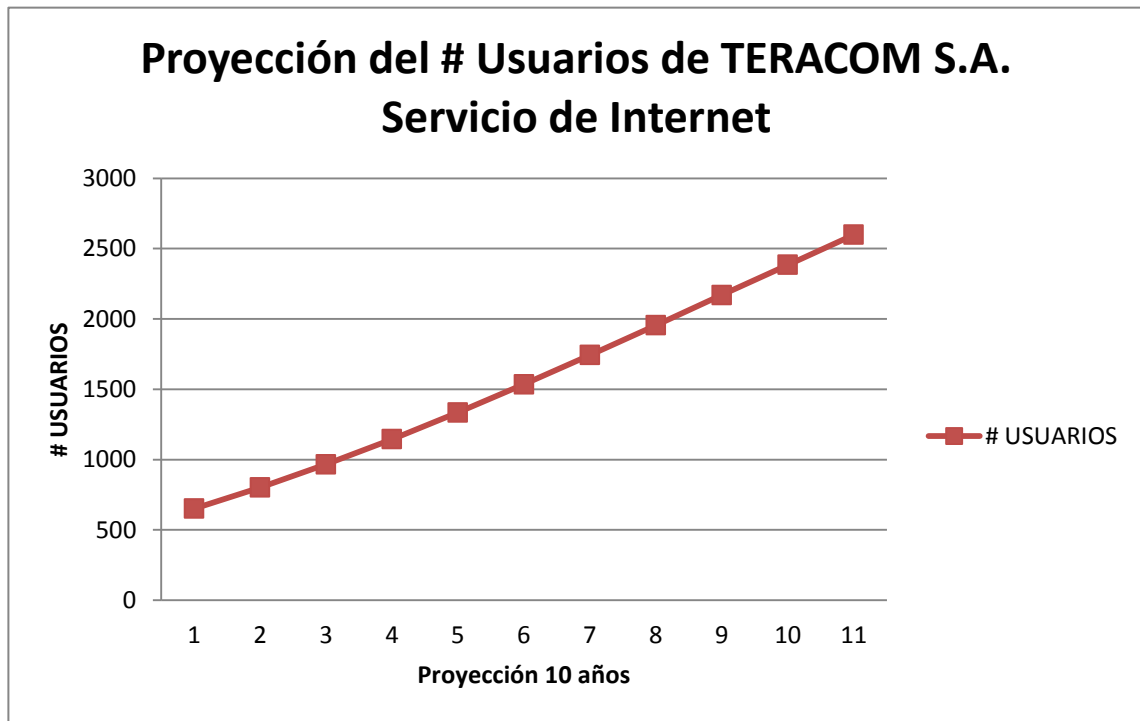


Figura 6-10 Proyección del # de Usuarios de TERACOM S.A. para el servicio de internet.

Fuente: El autor

Para el cálculo de la capacidad en el año 10, se toma la misma consideración que se tomó para el año 0 donde, un 70% de los usuarios contrata enlaces de 128 / 64 Mbps, un 25% contrata enlaces de 256 / 128 Mbps y el 5% restante contrata enlaces de 512 / 256 Mbps.

Clase de usuario	Velocidad contratada	Usuarios	Capacidad total (Kbps)
A	128/64 Kbps	1819	232887/116444
B	256/128 Kbps	650	166348/83174
C	512/256 Kbps	130	66539/33270

Tabla 6-9 Proyección de usuarios del servicio de Internet en Pasaje (10 años).

Fuente: El autor

Para calcular la capacidad necesaria para cada clase de usuario, multiplicamos la velocidad contratada por el número de usuarios que han contratado dicha velocidad.

Dado que el servicio de Internet no es ocupado durante todo el tiempo por los usuarios, se empleará compresión 8 a 1 en los usuarios pertenecientes a las clases A y B; mientras que, para los usuarios que pertenecen a las clases C se empleará compresión 4 a 1.

En la tabla 6-10 se observa la capacidad requerida al utilizar compresión.

CLASE DE USUARIO	CAPACIDAD TOTAL (KBPS)	CAPACIDAD TOTAL COMPRESIÓN (KBPS)
A	232887/116444	29111/14555
B	166348/83174	20793/10397
C	66539/33270	16635/8317

Tabla 6-10 Capacidades necesarias con compresión

Fuente: El autor

La capacidad total necesaria para brindar el servicio de Internet es igual a la suma de las capacidades individuales mostradas en la tabla anterior.

Capacidad total = 66,53 / 33,27 Mbps

Para hallar el número de canales de 6 MHz necesarios; se debe hallar la relación entre la capacidad total requerida para el servicio de Internet y la velocidad de transferencia de datos permitidas por DOCSIS, tanto en el canal descendente como en el ascendente. Estas velocidades se encuentran en la tabla 4-4.

Para el tráfico descendente se tiene:

$$\# \text{ de canales} = \frac{66,53\text{Mbps}}{42,88\text{Mbps}}$$

$$\# \text{ de canales} = 1,55 \text{ canales}$$

$$\# \text{ de canales} = 2 \text{ canales}$$

Para el tráfico ascendente se tiene:

$$\# \text{ de canales} = \frac{33,27\text{Mbps}}{30,72\text{Mbps}}$$

$$\# \text{ de canales} = 1,08 \text{ canales}$$

$$\# \text{ de canales} = 2 \text{ canales}$$

6.7.2 CAPACIDAD REQUERIDA PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA

De igual manera, se realiza el cálculo de la capacidad requerida para brindar el servicio de telefonía. Para desarrollar el cálculo de la capacidad requerida en la red, se considerará el número de habitantes de la ciudad de Pasaje, así como la penetración

actual del servicio telefónico de la CNT S.A. la cual es del 8,05 %. El número de usuarios del servicio telefónico, tomando en cuenta que según los datos estadísticos se halla un promedio de 4,2 habitantes por vivienda, se tiene:

$$\# \text{ abonados} = \frac{\# \text{ habitantes}}{4,2 \text{ habitantes}} \times 0,0805$$

$$\# \text{ abonados} = \frac{45600}{4,2 \text{ habitantes}} \times 0,0805$$

$$\# \text{ abonados} = 874$$

La intensidad de tráfico es la relación entre el tiempo que permanece ocupada una línea telefónica con respecto a un tiempo de observación; se mide en Erlangs.

El valor típico para tráfico telefónico de un usuario promedio es de 0.09 Erl. Por lo que para hallar el tráfico generado por todos los usuarios del servicio, multiplicamos el tráfico promedio por el número total de abonados.

$$A = n \times \frac{Erl}{Usuario}$$

$$A = 874 \text{ usuarios} \times 0,09 \frac{Erl}{Usuario}$$

$$A = 78,66 \text{ Erl.}$$

En un sistema en el que cuando todos los equipos están ocupados, y una llamada entrante o saliente no es aceptada, siendo por lo tanto rechazada, se habla de una llamada perdida. Si consideramos una probabilidad de pérdida del 1%, el número de canales necesarios se puede calcular mediante software:

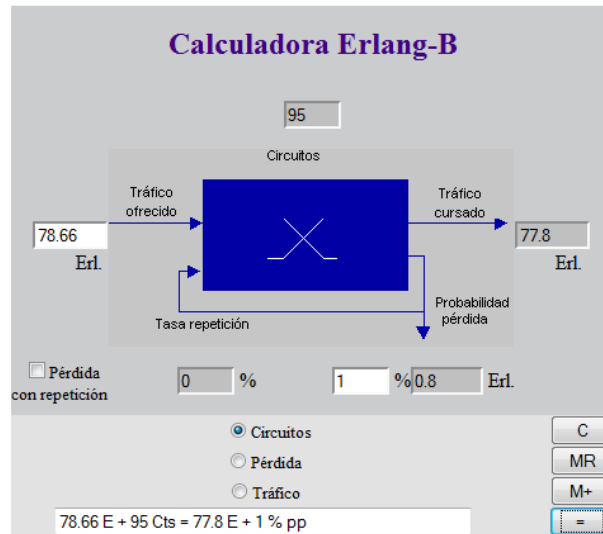


Figura 6-11 Cálculo del # de canales de TERACOM S.A. necesarios para el servicio de telefonía.

Fuente: <http://personal.telefonica.terra.es/web/vr/erlang/gentabla.htm>

N = 95 canales

Los códecs presentes en el MTA (Adaptador Terminal de Medios) codifican la señal de voz a 64 Kbps. Un E1 representa 30 canales de voz de 64 Kbps.

$$\# E1 = \frac{95}{30}$$

$$\# E1 = 3,16$$

$$\# E1 = 4 E1$$

Para determinar el número de canales de 6 MHz que necesitamos, se debe hallar la relación entre la velocidad de los E1 necesarios y la velocidad permitida por DOCSIS en el canal de subida, por cuanto es en éste donde la velocidad es menor y se podría requerir un mayor número de canales.

$$\# \text{ de canales} = \frac{4 * 2,048 \text{ Mbps}}{30,72 \text{ Mbps}}$$

$$\# \text{ de canales} = 0,266 \text{ canales}$$

$$\# \text{ de canales} = 1 \text{ canal}$$

Con lo que se obtiene, que se necesita de un canal de subida y otro canal de bajada. Para garantizar que el servicio telefónico no colapse y soporte eventuales crecimientos del número de usuarios, se consideró una proyección de la densidad telefónica para el año 2019. Al igual que con el servicio de Internet.

El número de clientes que se consideraron dentro TERACON S.A. para el año 2010, se calculó por el índice de penetración que se mencionó con anterioridad; o sea para el año 0 se consideran 874 usuarios. Mientras que el número de clientes estimado por TERACOM S.A. para el año 1 es de 1200 usuarios ya con la nueva administración se consideró una saturación del mercado con 6000 usuarios a $T = \infty$ se tiene:

$$P = e^{(a-b*r^T)}$$

$$6000 = e^{(a-b*r^\infty)}$$

$$6000 = e^{(a)}$$

$$a = \ln(6000)$$

$$a = 8,699$$

Ahora considerando los clientes que en el año 2010 se piensan manejar, en este caso para el año 0 se tiene:

$$P = e^{(a-b*r^T)}$$

$$874 = e^{(a-b*r^0)}$$

$$874 = e^{(a-b)}$$

$$a - b = \ln(874)$$

$$b = 8,699 - 6,773$$

$$b = 1,925$$

Mientras que si consideramos los usuarios con los que se pretende llegar a tener dentro de TERACOM S.A. al año 2011 ($T = 1$) se tiene:

$$P = e^{(a-b*r^1)}$$

$$1200 = e^{(8,699-1,925*r^1)}$$

$$8,699 - 1,925 * r = \ln(1200)$$

$$r = 0,835$$

Por lo tanto, la ecuación del crecimiento de la densidad de usuarios de telefonía es:

$$P = e^{(a-b*r^T)}$$

$$P_{Telefonia} = e^{(8,699-1,925*0,835^T)}$$

La Figura 6-12 se muestra la proyección del número de clientes del servicio de telefonía de la empresa TERACOM S.A. para un total de 10 años.

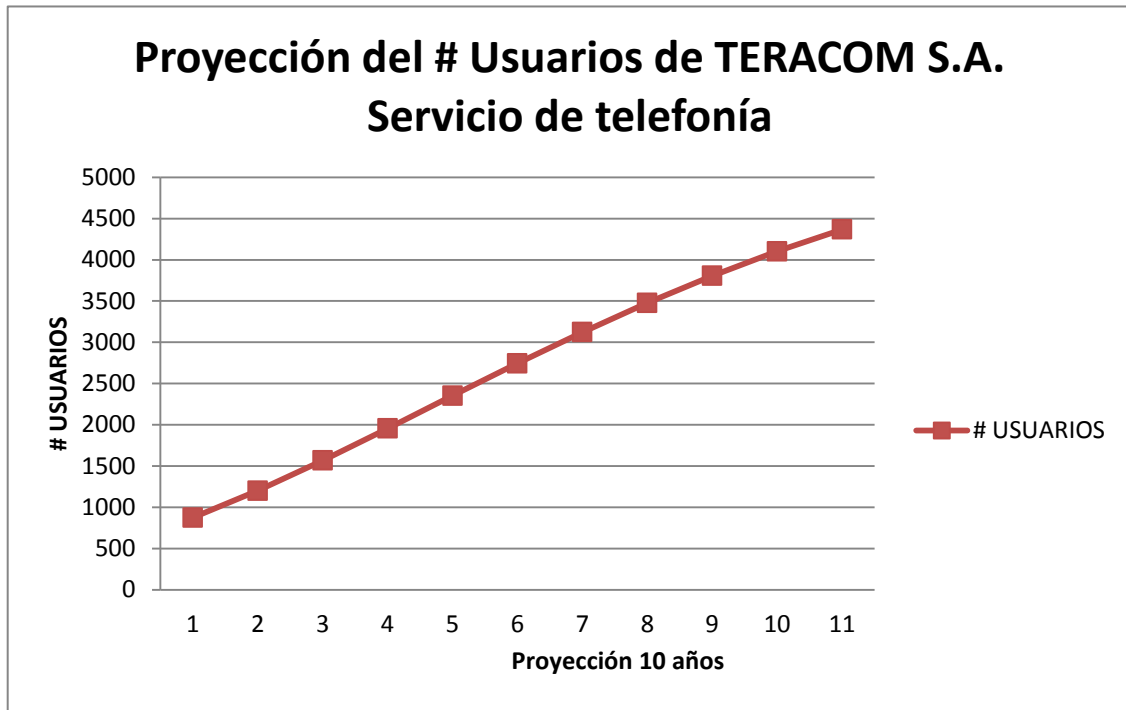


Figura 6-12 Proyección del # de Usuarios de TERACOM S.A. para el servicio de telefonía.

Fuente: El autor

Hallamos el tráfico generado por todos los usuarios del servicio, multiplicamos el tráfico promedio por el número total de abonados.

$$A = n \times \frac{Erl}{Usuario}$$

$$A = 4367 \text{ usuarios} \times 0,09 \frac{Erl}{Usuario}$$

$$A = 393,03 \text{ Erl.}$$

De la misma manera, en un sistema en el que cuando todos los equipos están ocupados, y una llamada entrante o saliente no es aceptada, siendo por lo tanto rechazada, se habla de una llamada perdida. Si consideramos una probabilidad de pérdida del 1%, el número de canales necesarios se puede calcular mediante software Figura 6-13.

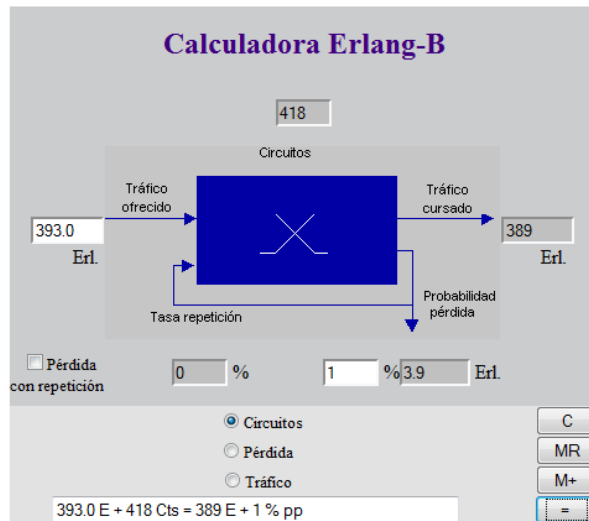


Figura 6-13 Cálculo del # de canales de TERACOM S.A. necesarios para brindar el servicio de telefonía (10 años).

Fuente: <http://personal.telefonica.terra.es/web/vr/erlang/gentabla.htm>

N = 418 canales

Los códecs presentes en el MTA (Adaptador Terminal de Medios) codifican la señal de voz a 64 Kbps. Un E1 representa 30 canales de voz de 64 Kbps.

$$\# E1 = \frac{418}{30}$$

$$\# E1 = 13,93$$

$$\# E1 = 14 E1$$

Para determinar el número de canales de 6 MHz que necesitamos, se debe hallar la relación entre la velocidad de los E1 necesarios y la velocidad permitida por DOCSIS en el canal de subida, por cuanto es en éste donde la velocidad es menor y se podría requerir un mayor número de canales.

$$\# \text{ de canales} = \frac{14 * 2,048 \text{ Mbps}}{30,72 \text{ Mbps}}$$

$$\# \text{ de canales} = 0,933 \text{ canales}$$

$$\# \text{ de canales} = 1 \text{ canal}$$

6.7.3 CAPACIDAD REQUERIDA PARA EL SERVICIO DE IPTV

Es necesario realizar el cálculo de la capacidad requerida en la red para brindar el servicio de IPTV. Para desarrollar el cálculo, se considerará que la penetración del servicio de IPTV en la provincia de El Oro, cantón Pasaje es del 10% de todos los usuarios con los que cuenta actualmente TERACOM S.A.

Según los datos brindados por parte del Cable operador local tomamos como referencia el porcentaje de usuarios que se tiene en el período actual, con el fin de realizar una proyección en un período de 10 años.

En la tabla 6-11 se considera que del total de usuarios proyectados en el período de 10 años, el 10% de los mismos accederá a los servicios de IPTV.

AÑOS	# USUARIOS	% PENETRACIÓN*
0	2016	202
1	2499	250
2	3027	303
3	3592	359
4	4185	419
5	4797	480
6	5419	542
7	6042	604
8	6659	666
9	7263	726
10	7849	785

Tabla 6-11 Índice de penetración para usuarios de IPTV

Fuente: El autor

Para el cálculo de la capacidad se considera que del total de los usuarios, un 70% contrata la prestación de Canales de Contenido Premium, mientras que el 30% contrata un sistema de Pago por Evento (Pay Per view), porcentajes que se consideran constantes en la demanda del servicio.

Los servicios que serán distribuidos por el Cable operador TERACOM S.A. se presentan en la tabla 6-12, donde se muestran las tasas de transmisión requeridas para la señal de video y audio, acogiendo la Definición Estándar (MPEG-2 y sonido Stereo).

TIPO DE SEÑAL	ESTÁNDAR DE CODIFICACIÓN	TASA DE TRANSFERENCIA
Broadcast – SD	MPEG-2	2,5 Mbps
VoD, PPV – SD	MPEG-2	3,18 Mbps
Stereo	MPEG layer II	128 Kbps

Tabla 6-12 Capacidades necesarias para señales de video y audio.

Fuente: El autor

Considerando que de los usuarios del año 10, el 30% contrata un sistema de Pago por Evento (Pay Per view), en este caso 236 usuarios, se realiza el cálculo de los streams de video y audio, en sentido descendente para abastecer la demanda

$$Capacidad_{Video} = \# usuarios \times tasa Transferencia$$

$$Capacidad_{Video} = 236 \times 3,18 Mbps$$

$$Capacidad_{Video} = 750,48 Mbps$$

$$Capacidad_{Audio} = \# usuarios \times tasa Transferencia$$

$$Capacidad_{Audio} = 236 \times 0,128 Mbps$$

$$Capacidad_{Audio} = 30,20 Mbps$$

$$Capacidad_{PPV} = 750,48 + 30,208$$

$$Capacidad_{PPV} = 780,68 \text{ Mbps}$$

Para hallar el número de canales de 6 MHz necesarios; se debe hallar la relación entre la capacidad total requerida para el servicio de IPTV y la velocidad de transferencia de datos permitidas por DOCSIS, tanto en el canal descendente como en el ascendente.

Para el tráfico descendente se tiene:

$$\# \text{ de canales} = \frac{780,68 \text{ Mbps}}{42,88 \text{ Mbps}}$$

$$\# \text{ de canales} = 18,20 \text{ canales}$$

$$\# \text{ de canales} = 19 \text{ canales}$$

Ahora se considera que de los usuarios del año 10, el 70% contrata un sistema de Contenido Premium, en este caso 550 usuarios, se realiza el cálculo de los streams de video y audio, en sentido descendente para abastecer la demanda; cabe considerar que del total de usuarios, solo un 30% se conecta de manera simultánea a este tipo de servicio.

$$Capacidad_{Video} = \# \text{ usuarios} \times \text{tasa Transferencia}$$

$$Capacidad_{Video} = 165 \times 3,18 \text{ Mbps}$$

$$Capacidad_{Video} = 524,7 \text{ Mbps}$$

$$Capacidad_{Audio} = \# usuarios \times tasa Transferencia$$

$$Capacidad_{Audio} = 165 \times 0,128 Mbps$$

$$Capacidad_{Audio} = 21,12 Mbps$$

$$Capacidad_{PPV} = 524,7 + 21,12$$

$$Capacidad_{PPV} = 545,82 Mbps$$

Para el tráfico descendente se tiene:

$$\# de canales = \frac{545,82 Mbps}{42,88 Mbps}$$

$$\# de canales = 12,72 canales$$

$$\# de canales = 13 canales$$

Para el tráfico ascendente se considera que los usuarios, envían solicitudes e información desde su equipo terminal, por lo que se toma en consideración que 1 de cada 10 usuarios realizan peticiones al mismo tiempo, con lo que se tiene:

$$Capacidad_{IPTV\ retorno} = \# usuarios\ ascendentes \times tasa Transferencia$$

$$Capacidad_{IPTV\ retorno} = 79 \times 0,064 Mbps$$

$$Capacidad_{IPTV\ retorno} = 5,056 Mbps$$

Para hallar el número de canales de 6,4 MHz necesarios; se debe hallar la relación entre la capacidad total requerida para el servicio de IPTV y la velocidad de transferencia de datos permitidas por DOCSIS, tanto en el canal descendente como en el ascendente.

Para el tráfico ascendente se tiene:

$$\# \text{ de canales} = \frac{5,056\text{Mbps}}{30,72\text{Mbps}}$$

$$\# \text{ de canales} = 0,164 \text{ canales}$$

$$\# \text{ de canales} = 1 \text{ canal}$$

6.8 DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE TERACOM S.A. A LA RED HÍBRIDA FIBRA ÓPTICA-COAXIAL HFC

Para el diseño del sistema triple play que se va a implementar en la operadora de cable TERACOM S.A. se debe considerar que el diseño actual (presentado en el capítulo 3) es un sistema digital de transmisión solo de video. Por lo cual debemos integrar a la cabecera principal los equipos requeridos para brindar los servicios de telefonía e Internet. Definiendo para la troncal óptica una arquitectura anillo – estrella, debido a las características de redundancia. De igual manera, se deben reemplazar ciertos elementos de planta externa para soportar un sistema que debe comunicarse en doble vía

6.8.1 DISEÑO DE LA RED TRONCAL ÓPTICA

Al considerar al Cantón Pasaje, perteneciente a la provincia de El Oro con un número de habitantes, inferior a los 65000, entonces, para el diseño, se tiene un solo Nodo Primario (capacidad = 60000 usuarios), que estaría constituido por una caja de empalmes de fibra óptica situada en el Head End, del cual partirá un anillo óptico, que enlazan tres Nodos Secundarios o Hubs, los cuales poseerán redundancia por trayectoria

de la fibra, a través de un nodo óptico, destinado para el respaldo en caso de que la fibra óptica se interrumpiera en algún tramo entre los nodos secundarios.

A continuación en la Figura 6-14 se presenta el esquema simplificado de el sistema de redundancia que se pretende emplear, cada uno de los anillos ópticos que se presentan, están conformados por fibras destinadas a ala transmisión en downstream y upstream.

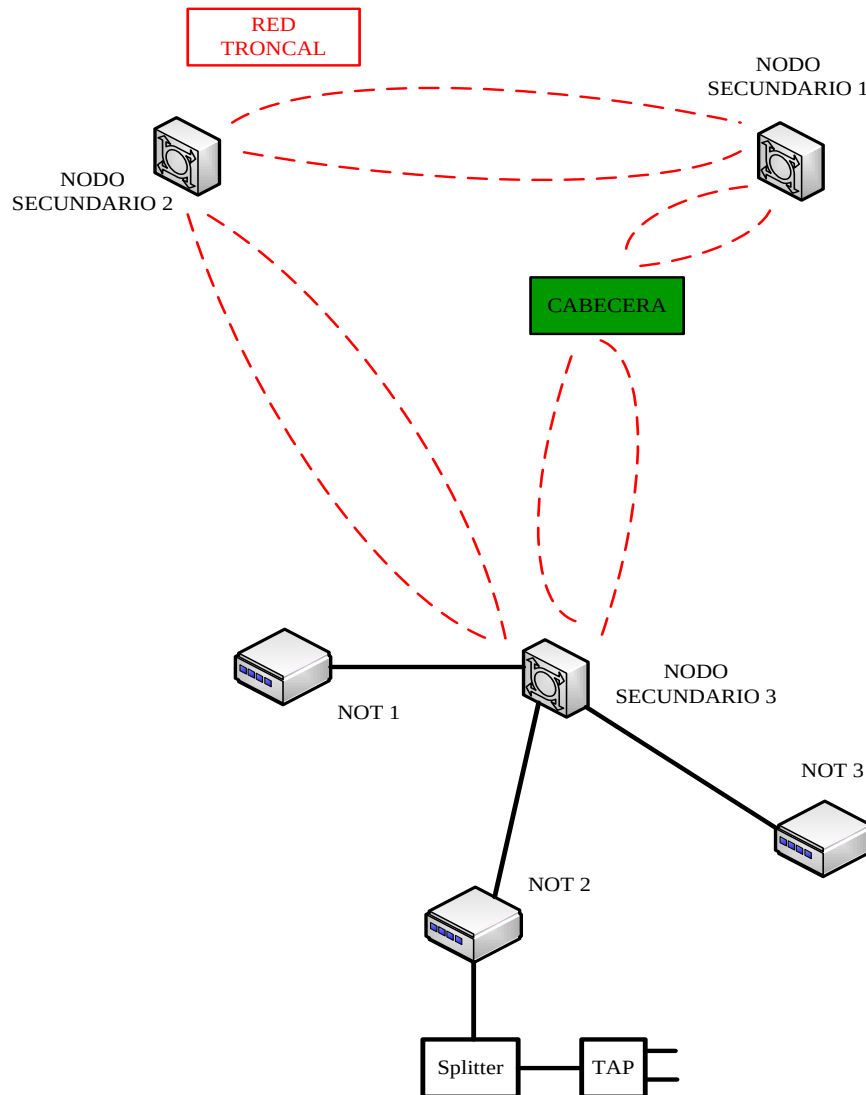


Figura 6-14 Esquema simplificado de la red Troncal de Fibra Óptica TERACOM S.A.

Fuente: El autor

Por último, de los Nodos Secundarios, parte la red troncal terciaria que llega alcanzar a los Nodos Ópticos Terminales (NOT) con topología en estrella cada uno de estos nodos, tiene la capacidad de alimentar cuatro líneas de distribución de cable coaxial.

Una vez delimitados los aspectos más importantes dentro del diseño, también se deben consideran los aspectos geográficos de los diferentes puntos de la red, por lo que se mantendrá al Head End del cable operador, en el mismo sitio original; mientras que los Nodos ópticos estarán dispuestos en lugares estratégicos con el fin de brindar una mayor cobertura a todos los sectores de Pasaje.

Ahora bien, guiándose en los cálculos estadísticos realizados para las proyecciones de los usuarios para los distintos servicios, se toma en cuenta que la TV por cable tiene una mayor incidencia para lo cual se utiliza la proyección de número de usuarios que TERACOM S.A. obtendrá en un período de cinco años que llegan a los 4797 usuarios.

Con este valor, se puede calcular el número de Nodos ópticos Terminales con los que contará la red en la ciudad de Pasaje, teniendo presente que cada NOT tiene la capacidad de abastecer a unos 500 usuarios.

$$\# NOTs = \frac{\# \text{ usuarios}}{\text{usuarios por NOT}}$$

$$\# NOTs = \frac{4797}{600}$$

$$\# NOTs = 9$$

Por lo que se requiere de nueve Nodos Ópticos Terminales para satisfacer la capacidad de la demanda proyectada para la ciudad de Pasaje.

Se dispondrá entonces del anillo óptico que cubrirá la ciudad de Pasaje, así como de tres Nodos Secundarios, que a su vez tendrá tres Nodos Ópticos Terminales. Para tener una mejor idea de la esquematización de la Red HFC, en la Figura 6-15 se muestra la distribución por cada anillo y por cada nodo.

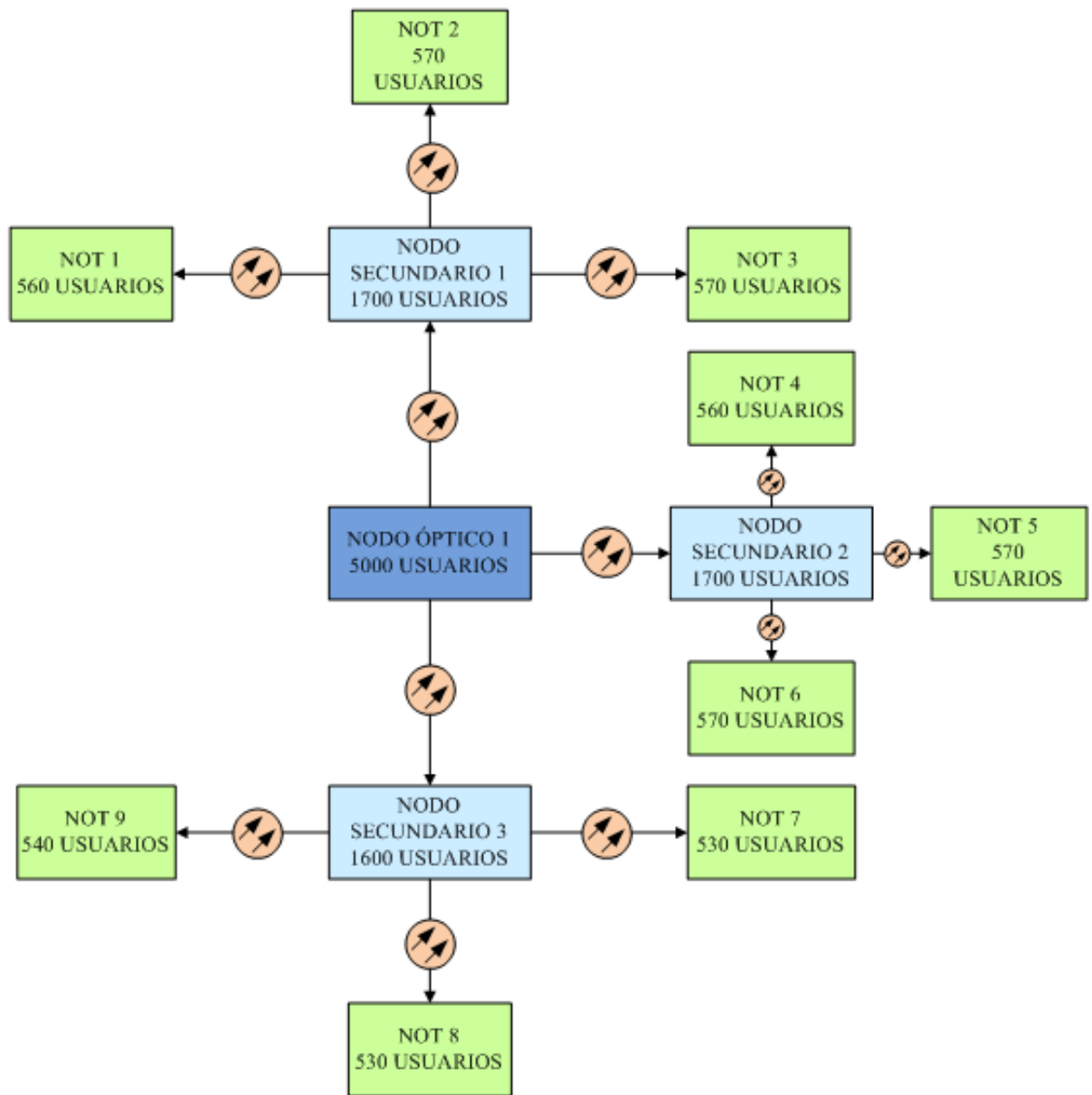


Figura 6-15 Esquema simplificado de la red Troncal de Fibra Óptica

Fuente: El autor

Cada nodo óptico terminal cubre un área de 600 hogares, aunque la tendencia es a reducir esta cifra con vistas a mejorar la calidad del servicio. La red de dispersión presenta una disposición en estrella sin redundancia en ruta, realizada con cables de 12 fibras ópticas monomodo, con la siguiente distribución:

- 4 fibras para el camino descendente: 2 para el camino principal y 2 para el de respaldo.
- 4 fibras para el camino ascendente: 2 para el camino principal y 2 para el de respaldo.
- 4 fibras de reserva para posibles migraciones hacia una topología con nodos terminales de 150 hogares (en lugar de 600).

En el nodo secundario se realiza la interconexión física de las fibras provenientes del nodo primario (a través de la red secundaria) con las fibras que van hacia los nodos terminales (y que componen la red terciaria).

A continuación se presentan los cálculos de los niveles de señal en los primeros tramos correspondientes al anillo óptico. El proceso de diseño y cálculo, es el mismo en las diversas secciones de la red.

6.8.2 CÁLCULO DE ENLACE FIBRA ÓPTICA

Para una correcta planificación de las instalaciones de cables con fibras ópticas es necesario considerar la atenuación total del enlace y el ancho de banda del cable utilizado.

6.8.2.1 Cálculo de Atenuación

La atenuación total del cable se calcula, considerando parámetros importantes dentro del desarrollo del diseño, teniendo que la pérdida de luz en una fibra óptica es muy pequeña, las longitudes de onda utilizadas en la fibra son 1310 nm y 1550 nm. A una longitud de onda (λ) de 1310 nm la atenuación típica es de 0,35 dB/km, mientras que para 1550 nm es de 0,25 dB/km.

Se debe también tener presente la pérdida extra por las holgaduras de la fibra. Para el cálculo se recomienda agregar un 5 % extra de la distancia en la ruta, se debe tener muy presente la potencia de salida mínima de los transmisores en las cabeceras con el fin de tener un resultado claro y preciso.

La atenuación de la fibra óptica en el tramo Head End/Nodo Secundario 1 y considerando las holgaduras será:

$$At_{distancia} = (L_{HE-NS1} + (0,05 * L_{HE-NS1})) * \alpha$$

$$At_{distancia} = (0,8 + 0,04) * 0,35dB/Km$$

$$At_{distancia} = 0,294 dB$$

Donde:

L longitud en Km del cable

α atenuación de la fibra optica

Con este cálculo de la atenuación por distancia entre tramos, y teniendo en cuenta los factores de atenuación por dispersión se puede calcular la potencia con que llega la señal al Nodo Secundario 1

$$P_{IN (NS1)} = P_{OUT HE} - (At_{distancia} + At_{INS} + At_{EMP} + FD)$$

$$P_{IN (NS1)} = 2 - (0,294 + 1 + 1)$$

$$P_{IN (NS1)} = -0,294 \text{ dB}$$

Donde:

$P_{out \min}$ Potencia de salida mínima de transmisor

At_{INS} Atenuación por inserción de conector

At_{EMP} Atenuación por empalmes ópticos

FD Factor de Dispersión

Dicho nivel de señal se encuentra dentro del rango de operabilidad del receptor óptico que se va a disponer en el diseño de la red de TERACOM S. A.

Para la red terciaria, del Nodo Secundario 1 se derivan tres ramales hacia los NOTs distribuidos en la ciudad de Pasaje, dichos nodos ópticos cuentan con cuatro salidas RF, por lo que encada uno de ellas , se utilizara un transmisor óptico (conversión E/O) para las conexiones hasta la red de distribución.

La atenuación de la fibra óptica en el tramo Nodo Secundario 1/NOT1 se calcula de manera similar, con lo cual tenemos:

$$At_{distancia} = (L_{NS/NOT1} + (0,05 * L_{NS/NOT1HE-NS1})) * \alpha$$

$$At_{distancia} = (0,6 + 0,03) * 0,35 \text{ dB/Km}$$

$$At_{distancia} = 0,2205 \text{ dB}$$

Donde:

L longitud en Km del cable

α atenuación de la fibra optica

$$P_{IN (NOT1)} = P_{OUT HE} - (At_{distancia} + At_{INS} + At_{EMP} + FD)$$

$$P_{IN (NS1)} = 2 - (0,2205 + 1 + 1)$$

$$P_{IN (NS1)} = -0,2205 \text{ dB}$$

Donde:

$P_{out \min}$ Potencia de salida mínima de transmisor

At_{INS} Atenuación por inserción de conector

At_{EMP} Atenuación por empalmes ópticos

FD Factor de Dispersión

Dicho nivel de señal también se encuentra dentro del rango de operabilidad del receptor óptico del Nodo con el que se va a disponer en el diseño de la red de TERACOM S. A.

Para calcular los valores de pérdidas en los distintos tramos por los cuales va a estar conformada la red de TERACOM S.A. se procedió a recopilar la información en la tabla 6-13.

Ahora bien, se debe tener presente que las pérdidas en downstream, no son las mismas que para upstream, por lo que se presenta ahora la tabla 6-14, teniendo en cuenta que la potencia de salida los transmisores de los nodos es de 0dB (1mW). Estos parámetros se pueden corroborar en el Anexo 4.

ANILLO PRINCIPAL		Nivel Tx min (dBm)	Distancia (Km)	Holgadura 5% (m)	Att/Km (dB)	Att distancia (dB)	empalmes	Att/emp (dB)	Att emp (dB)	conectores	Att/conec (dB)	Att conec (dB)	FD (dB)	Att Tot (dB)	Nivel Rx (dBm)
HE	NS1	2	0,8	0,84	0,35	0,294		0,3	0	2	0,5	1	1	2,29	-0,294
NS1	NS2	2	1,7	1,79	0,35	0,625		0,3	0	2	0,5	1	1	2,62	-0,625
NS2	NS3	2	2,5	2,63	0,35	0,919		0,3	0	2	0,5	1	1	2,92	-0,919
NS3	HE	2	1,2	1,26	0,35	0,441		0,3	0	2	0,5	1	1	2,44	-0,441
RED TERCIARIA															
NS1	NOT1	2	0,6	0,63	0,35	0,221		0,3	0	2	0,5	1	1	2,22	-0,221
NS1	NOT2	2	0,6	0,63	0,35	0,221		0,3	0	2	0,5	1	1	2,22	-0,221
NS1	NOT3	2	0,6	0,63	0,35	0,221		0,3	0	2	0,5	1	1	2,22	-0,221
NS2	NOT4	2	1	1,05	0,35	0,368		0,3	0	2	0,5	1	1	2,37	-0,368
NS2	NOT5	2	1	1,05	0,35	0,368		0,3	0	2	0,5	1	1	2,37	-0,368
NS2	NOT6	2	1	1,05	0,35	0,368		0,3	0	2	0,5	1	1	2,37	-0,368
NS3	NOT7	2	1,2	1,26	0,35	0,441		0,3	0	2	0,5	1	1	2,44	-0,441
NS3	NOT8	2	1,2	1,26	0,35	0,441		0,3	0	2	0,5	1	1	2,44	-0,441
NS3	NOT9	2	1,2	1,26	0,35	0,441		0,3	0	2	0,5	1	1	2,44	-0,441
NS3	NOT10	2	1,2	1,26	0,35	0,441		0,3	0	2	0,5	1	1	2,44	-0,441

Tabla 6-13 Cálculo de perdidas en el nivel de señal de downstream

Fuente: El autor

ANILLO PRINCIPAL		N. return Tx (dBm)	Distancia (Km)	Holgadura 5% (m)	Att/Km (dB)	Att distancia (dB)	empalmes	Att/emp (dB)	Att emp (dB)	conectores	Att/conec (dB)	Att conec (dB)	FD (dB)	Att Tot (dB)	Nivel Rx (dBm)
HE	NS1	0	0,8	0,84	0,35	0,294		0,3	0	2	0,5	1	1	2,29	-2,29
NS1	NS2	0	1,7	1,79	0,35	0,625		0,3	0	2	0,5	1	1	2,62	-2,62
NS2	NS3	0	2,5	2,63	0,35	0,919		0,3	0	2	0,5	1	1	2,92	-2,92
NS3	HE	0	1,2	1,26	0,35	0,441		0,3	0	2	0,5	1	1	2,44	-2,44
RED TERCIARIA															
NS1	NOT1	0	0,6	0,63	0,35	0,221		0,3	0	2	0,5	1	1	2,22	-2,22
NS1	NOT2	0	0,6	0,63	0,35	0,221		0,3	0	2	0,5	1	1	2,22	-2,22
NS1	NOT3	0	0,6	0,63	0,35	0,221		0,3	0	2	0,5	1	1	2,22	-2,22
NS2	NOT4	0	1	1,05	0,35	0,368		0,3	0	2	0,5	1	1	2,37	-2,37
NS2	NOT5	0	1	1,05	0,35	0,368		0,3	0	2	0,5	1	1	2,37	-2,37
NS2	NOT6	0	1	1,05	0,35	0,368		0,3	0	2	0,5	1	1	2,37	-2,37
NS3	NOT7	0	1,2	1,26	0,35	0,441		0,3	0	2	0,5	1	1	2,44	-2,44
NS3	NOT8	0	1,2	1,26	0,35	0,441		0,3	0	2	0,5	1	1	2,44	-2,44
NS3	NOT9	0	1,2	1,26	0,35	0,441		0,3	0	2	0,5	1	1	2,44	-2,44
NS3	NOT10	0	1,2	1,26	0,35	0,441		0,3	0	2	0,5	1	1	2,44	-2,44

Tabla 6-14 Cálculo de pérdidas en el nivel de señal de upstream

Fuente: El autor

6.9 EQUIPOS DE USUARIO

Los sistemas de cable están diseñados para que las emisiones de televisión analógica en abierto puedan recibirse directamente por los receptores de TV estándar sin necesidad de ningún equipo de adaptación.

Para la recepción de señales de televisión analógica codificada es necesario la introducción de un equipo set top box entre la toma coaxial y el receptor de TV.

Los equipos terminales que se usan en las residencias de los usuarios, varían de acuerdo a su función de los cuales, encontramos; Set-Top-Box, cable modem y EMTA, para los servicios de televisión, datos y telefonía respectivamente, sin embargo; se encuentran dispositivos unificados, como el e-MTA, para telefonía y datos o el e-STB, para televisión y datos.

Los dispositivos dependerán de los servicios con los cuales se abastezca al usuario; las características de los equipos de estos se detallan por separado y de acuerdo a cada aplicación en los siguientes párrafos:

6.9.1 SET-TOP-BOX

- Soporte de video digital MPEG-2 (SD).
- Operabilidad en el rango de frecuencias 50-860MHz.
- Video analógico del sistema NTSC.
- Modulación 64 QAM/256QAM, para video digital.
- Soporte de guía de programación electrónica.
- Puertos de internet 10/100 base T.
- Puerto USB.
- Conector tipo F, tipo hembra de 75Ω.
- Instalación Plug & Play.

6.9.2 ADAPTADOR TERMINAL MULTIMEDIA MTA

- Soportar DOCSIS 2.0 Y PacketCable 1.5.
- Soporte de transmisión bidireccional 50-860MHz.
- Modulación 64 QAM/256QAM, para video digital.
- Protocolo de señalización MGCP, NCS, RTP (Protocolo en tiempo real).
- Puertos de internet 10/100 base T.
- Puerto USB.
- Conector tipo F, tipo hembra de 75Ω.
- Configuración remota vía SNMP y TFTP.

6.9.3 CABLE MODEM

La función del cable modem es de convertir la red de cable CATV en una vía limpia para el transporte de datos a alta velocidad, ofreciendo hacia el usuario y hacia otras redes desde cabecera, interfaces estándar.

Hacia el usuario se ofrece un estándar 10BaseT y a partir de la cabecera es posible escoger varios estándares disponibles: 10BaseT, 100baseT, FDDI, ATM, etc. La principal función de los cables módems es pasar de un protocolo Ethernet al protocolo particular que use la red cable. En cabecera se hará el proceso inverso, se convierte el protocolo del cable en algunos de los estándares disponibles, además de realizar ciertas funciones de control sobre el sistema.

El modem de cable junto con el equipo de cabecera, son los encargados de implementar los niveles físicos y de control de acceso al medio (MAC), sobre los cuales es posible utilizar cualquier protocolo de transporte y construir cualquier aplicación.

- Soportar DOCSIS 2.0 Y PacketCable 1.5.
- Puertos de internet 10/100 base T.

- Puerto USB.
- Conector tipo F, tipo hembra de 75Ω
- Configuración remota vía SNMP y TFTP.
- Instalación Plug & Play.

6.10 ELEMENTOS DE LA RED DE ACCESO

6.10.1 NODOS OPTICOS

Los nodos ópticos que se desean implementar en el diseño de la red de TERACOM S.A. deben tener las siguientes consideraciones:

- Soportar tráfico bidireccional en las frecuencias especificadas por DOCSIS.
- 4 puertos balanceados (bidireccionales e independientes), de salida RF.
- Módulos atenuador y ecualizador incluidos.
- Operabilidad en el sistema NTSC.
- Transporte de tráfico multimedia.
- Operabilidad con la longitud de onda, especificada para el tipo de fibra óptica a usarse.

Redundancia para trayectos

- Poseer una caja de intemperie para protección en instalaciones aéreas.
- Modulo de fácil actualización de mantenimiento para mini mantención del servicio.

6.10.2 AMPLIFICADORES RF

- Operabilidad en las frecuencias especificadas por DOCSIS.
- Control de atenuación para ajustes de nivel RF.

- Alta linealidad y bajo ruido.
- Equipamiento para tráfico bidireccional.
- Módulos incorporados de fácil instalación y mantenimiento.
- Caja de intemperie para instalación aérea.
- Control automático de ganancia.
- Componentes pasivos como: Taps, splitters y acopladores, deben operar en las frecuencias establecidas por DOCSIS.

6.10.3 EQUIPOS EN CABECERA

6.10.3.1 Cable Modem Termination System (CMTS)

Es el dispositivo que se encarga de enviar los datos en sentido descendente, o sea los modulados por el canal de televisión elegidos al efecto; además recogen de los cable módems de los usuarios, todos los datos que éstos envían a través del canal ascendente asignado. El CMTS se ubica generalmente en el centro emisor o cabecera de la red, desde allí se conecta al resto de la red y a Internet por alguna tecnología WAN.

- Sistema de Terminación de Cable Modem (CMTS).
- Soportar DOCSIS 2.0, PacketCable 1.5. y PCMM.
- Rango de frecuencias 50-860 MHz en bajada y 5-42 MHz en subida.
- Modulación 64 QAM/256QAM, para video digital.
- Administración de tráfico multicast.
- Transporte diferenciado de servicios de voz, datos y video.
- Escalabilidad y redundancia.
- Módulos de aplicación para un procesamiento distribuido.
- Rendimiento RF superior con transporte bidireccional a alta velocidad.
- Soporte de QoS.

6.10.3.2 SERVIDOR DE POLITICAS

Las características que debe soportar un servidor de políticas, tiene que estar certificado por cable labs, y se le implementará sobre un servidor, cuyas características deben ser:

- Servidor de procesador dual, Intel Xeon.
- Capacidad de enlaces LAN de alta velocidad.
- Controlador RAID5 , para el mejoramiento de la transferencia de datos.
- Puerto serial, paralelo y USB 2.0.
- Actualización local.

6.10.3.3 SOFTSWITCH

Es el dispositivo encargado de proporcionar el control de llamada (señalización y gestión de servicios), procesamiento de llamadas, y otros servicios, sobre una red de conmutación de paquetes (IP). Actúa como gestor en el momento de interconectar las redes de telefonía tradicional, e incluso las redes inalámbricas 3G con las redes de conmutación de paquetes(IP), buscando como objetivo final lograr la confiabilidad y calidad de servicio similar a la que brinda una red de conmutación de circuitos con un menor precio.

- Soportar packetCable 1.5 y los protocolos de señalización y control de llamada.
- Interfaces con sistema de aprovisionamiento y tarifación.
- Conectividad a redes IP-IP, e IP-PSTN.
- Ruteo de llamadas en función de la señalización y de los perfiles de usuario.
- Alta disponibilidad y escalabilidad.
- Alta capacidad de procesamiento de tráfico IP.
- Configuración y administración mediante interface gráfica.
- Capacidad de transporte de voz.
- Cancelador de eco y detector de silencio.

6.10.3.4 TRASMISORES OPTICOS

- Operabilidad en las frecuencias especificadas por DOCSIS.
- Operabilidad con una longitud de onda, especificada para el tipo de fibra óptica a utilizarse.
- Ecualización ajustable.
- Especificación de los niveles de señal de entrada y salida.
- Control y ajuste de ganancia.
- Conector óptico tipo SC/APC.
- Imperancia de salida RF de 75Ω .
- Indicadores de estado.

6.10.3.5 RECEPTORES OPTICOS

- Operabilidad en las frecuencias especificadas por DOCSIS.
- Operabilidad con una longitud de onda, especificada para el tipo de fibra óptica a utilizarse.
- Soporte de un alto rango de niveles de entrada óptica y salida en RF con distorsión casi nula.
- Fotodiodo de alta eficiencia y amplificación RF avanzada.
- Alta linealidad en impedancia.
- Control y ajuste de ganancia.
- Conector óptico tipo SC/APC.
- Imperancia de salida RF de 75Ω .
- Indicadores de estado.

A continuación se muestra en la Figura 6-16 un diagrama de los elementos de red necesarios para implementar el servicio de televisión, telefonía e Internet a la red de TERACOM S.A.

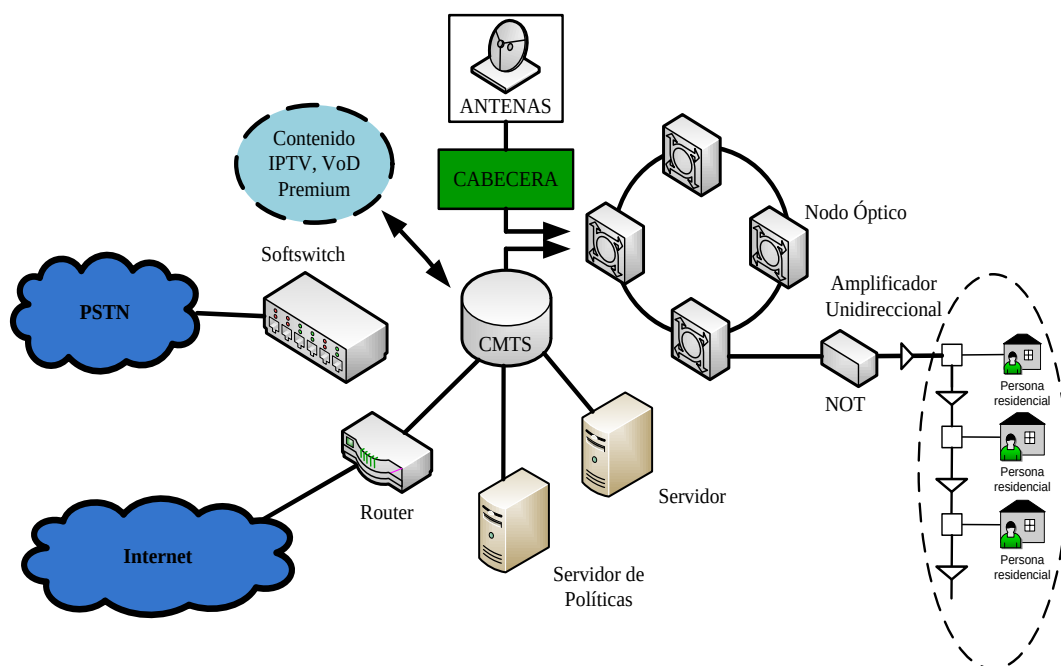


Figura 6-16 Red de acceso para Triple Play sobre HFC de TERACOM S.A. para el servicio de TV, telefonía e internet.

Fuente: El autor

6.11 ANALISIS FINANCIERO

6.11.1 EQUIPOS:

Conocidas las capacidades necesarias para la implementación de los nuevos servicios, procedemos a la elección de los equipos que satisfagan nuestros requerimientos.

A continuación se muestran la lista de los equipos necesarios que se implementarían en la red de TERACOM S.A., con el fin de expandir la prestación de servicios a los usuarios de la ciudad de Pasaje, provincia de El oro.

Se detallarán los costos de los equipos que se usarían en cada sector en la tabla 6-15. Donde se observa la inversión requerida para adquirir los equipos necesarios para brindar el servicio de telefonía e Internet de banda ancha, considerando los 2745

usuarios (proyección de los usuarios del servicio de telefonía para el año 2019), con equipos de marca CISCO:

CANTIDAD	EQUIPO/ MODELO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	CMTS SP-RR-UBR7246v4	\$ 9500	\$ 9500
2745	E/MTA DPC22031	\$ 50	\$ 137250
1	Softswitch BTS10200-RTU-P50	\$ 9500	\$ 9500
TOTAL			\$ 156250

Tabla 6-15 Equipos necesarios para brindar servicios de telefonía e internet

Fuente: El autor

Los equipos que se consideran en la tabla anterior, tienen sus características en el Anexo 4, de donde se concluye que el CMTS puede brindar servicio a unos 2500 usuarios respectivamente.

Ahora se presenta a continuación en la tabla 6-16, la distancia necesaria para unir cada uno de los sectores en los que se van a colocar nodos de terminación óptica, así como la cantidad necesaria de Fibra óptica que se va utilizar. Cabe señalar que los precios son referenciales, obtenidos del internet, donde consta su respectiva fuente.

DISTRIBUCIÓN DE NODOS ÓPTICOS		DISTANCIA	HOLGADURA
		(Km)	5% (Km)
HE	NS1	0,8	0,84
NS1	NOT1	0,6	0,63
NS1	NOT2	0,6	0,63
NS1	NOT3	0,6	0,63
Total Fibra óptica 1			2,73
NS1	NS2	1,7	1,79
NS2	NOT4	1	1,05
NS2	NOT5	1	1,05
NS2	NOT6	1	1,05
Total Fibra óptica 2			4,94
NS2	NS3	2,5	2,63
NS3	NOT7	1,2	1,26
NS3	NOT8	1,2	1,26
NS3	NOT9	1,2	1,26
Total Fibra óptica 3			6,41
NS3	HE	1,2	1,26
Total Fibra óptica 4			1,26
Cantidad de Fibra óptica			15,33

Tabla 6-16 Cantidad de Fibra óptica a utilizarse en la red de TERACOM S.A.

Fuente: El autor

CANTIDAD	EQUIPO/ MODELO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
15330 mts.	Fibra óptica	\$ 3	\$ 45990
9	Nodos Ópticos 4 salidas	\$ 1990	\$ 17910
4	Nodos Ópticos	\$ 494	\$ 1976
1	Transmisor Óptico PICO MACOM Modelo PFT 1310 Series	\$ 1760	\$ 1760
1	Receptor óptico PICO MACOM, modelo OFR – 2 Optical Forward Receiver	\$ 680	\$ 680
1	Receptor óptico PICO MACOM, modelo ORR – 2Optical Return Receiver	\$ 700	\$ 700
TOTAL			\$ 69016

Tabla 6-17 Equipos necesarios para la implementación de la red de TERACOM S.A.

Fuente: El autor

Con el fin de proyectar la inversión total para la implantación de la red HFC para la empresa TERACOM S.A., en un tiempo de 5 años y la rentabilidad que representa el despliegue de la misma, para lo cual se calculan los ingresos, gastos, entre otros valores

Entonces la inversión total de los equipos necesarios se determina en la tabla 6-18, donde se muestran un resumen de los equipos que se desean adquirir.

Equipos necesarios en el Head End	\$ 156250
Equipos necesarios en la Red troncal y Secundaria	\$ 69016
TOTAL EGRESOS	\$ 225266

Tabla 6-18 Resumen de Equipos TERACOM S.A.

Fuente: El autor

Para el cálculo de los ingresos con los que contará TERACOM S.A., se tienen los planes que se ofrecerán y que se realizaron los cálculos para la demanda respectiva, tanto para el servicio de internet, así como el servicio de IPTV. Por lo que los ingresos de la empresa será el producto del costo del servicio, por la cantidad de usuarios que se tiene. El cliente debe pagar un valor de suscripción, la cual es considerada un ingreso en el momento del cálculo.

En la tabla 6-19 se presentan los respectivos costos de los servicios que se desean implementar en la red HFC de TERACOM S.A.; calculando los respectivos ingresos en el año 1 con el fin de realizar un análisis.

PLAN	DESCRIPCIÓN	PRECIO	# USUARIOS (AÑO 1)	TOTAL INGRESOS
PLAN 1	128/64 Kbps	33	561	\$ 18513
PLAN 2	256/128 Kbps	38	200	\$ 7600
PLAN 3	512/256 Kbps	48	40	\$ 1920
PLAN 4	PPV - SD	65	75	\$ 4875
PLAN 5	Contenido Premium	85	175	\$ 14875
			TOTAL INGRESOS	\$ 47783

Tabla 6-19 Costos de Servicios a implementar en TERACOM S.A.

Fuente: El autor

Finalmente, se calcula la Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto y se comparan con el costos de oportunidad, si el valor Van es positivo, y el TIR calculado es mayor que el costo de oportunidad se concluye que el proyecto es rentable, caso contrario se deben variar los valores de ingresos y/o gastos.

En la tabla 6-20, se presentan los cálculos del VAN, TIR para determinar la rentabilidad del proyecto; así como los costos de producción de dicha red.

Periodos	AÑOS	0	1	2	3	4	5
Ingresos							
Unidades vendidas		854	1051	1269	1504	1755	3079
# Usuarios Actuales		2016	2499	3027	3592	4185	4797
Precio unitario	PLAN 1	\$ 45,00	\$ 45,00	\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 35,00	\$ 35,00
Precio unitario	PLAN 2	\$ 55,00	\$ 55,00	\$ 55,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00
Precio unitario	PLAN 3	\$ 65,00	\$ 65,00	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 55,00	\$ 55,00
Precio unitario	PLAN 4	\$ 80,00	\$ 80,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 70,00	\$ 70,00
Precio unitario	PLAN 5	\$ 90,00	\$ 90,00	\$ 85,00	\$ 85,00	\$ 80,00	\$ 80,00
	SUSCRIPCIÓN	\$ 20,00	\$ 20,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 30,00	\$ 30,00
ingreso # usuarios actuales		\$ 15,00	\$ 15,00	\$ 15,00	\$ 15,00	\$ 20,00	\$ 20,00
TOTAL PLANES		\$ 60.609,38	\$ 73.212,00	\$ 68.074,50	\$ 79.245,50	\$ 85.369,00	\$ 140.277,69
Total Ingresos		\$ 107.933,29	\$ 131.722,94	\$ 145.204,05	\$ 170.726,52	\$ 221.725,08	\$ 328.601,44
<i>precios no incluyen IVA excepto costo de suscripción (valor directo)</i>							
Costos de Producción							
Materia Prima		\$ 225.266,00	\$ 22.526,60	\$ 22.526,60	\$ 22.526,60	\$ 22.526,60	\$ 22.526,60
Mano de Obra		\$ 45.053,20	\$ 4.505,32	\$ 4.505,32	\$ 4.505,32	\$ 4.505,32	\$ 4.505,32
Total costos Producción		\$ 270.319,20	\$ 27.031,92	\$ 27.031,92	\$ 27.031,92	\$ 27.031,92	\$ 27.031,92
Costos de Administración							
Total costos Administración		\$ 15.000,00	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
Costos de Ventas	2,00%						
Total costos Ventas		\$ 2.158,67	\$ 2.634,46	\$ 2.904,08	\$ 3.414,53	\$ 4.434,50	\$ 6.572,03
Costos Financieros							
Total costos Financieros		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad antes de Participación		\$ (179.544,57)	\$ 87.056,56	\$ 100.268,04	\$ 125.280,07	\$ 175.258,66	\$ 279.997,49
Participación de Trabajadores	0%	0	0		0		0
Utilidad antes de Impuestos		\$ (179.544,57)	\$ 87.056,56	\$ 100.268,04	\$ 125.280,07	\$ 175.258,66	\$ 279.997,49
Impuesto a la Renta	25%	0	21764,1408	\$ 25.067,01	\$ 31.320,02	\$ 43.814,66	\$ 69.999,37
Utilidad después de Impuestos		\$ (179.544,57)	\$ 65.292,42	\$ 75.201,03	\$ 93.960,05	\$ 131.443,99	\$ 209.998,11
Inversión				\$ 287.477,87			
Flujo de Fondos		\$ (467.022,44)	\$ 65.292,42	\$ 75.201,03	\$ 93.960,05	\$ 131.443,99	\$ 209.998,11
Costo de Oportunidad							5%
Valor Actual Neto VAN						\$ 17.214,92	
Tasa Interna de Retorno TIR							6%

Tabla 6-20 Cálculo del análisis financiero (VAN y TIR)

Fuente: El autor

6.12 ALTERNATIVA DE RESPALDO

Las redes se diseñan optimizando al máximo los desembolsos de despliegue, operación, mantenimiento y ampliaciones futuras de la red. La decisión de adoptar una configuración u otra depende, en gran medida, del número de abonados a cubrir, de la ubicación geográfica de los mismos, de las características de la zona (viviendas, oficinas, industrias, urbanizaciones), del crecimiento previsible, de los tipos de servicios ofrecidos o por ofrecer y de la calidad de servicio buscada. También son factores importantes las previsiones de tráfico de información y de ingresos a medio y largo plazo. Por lo que se realizó un estudio previo de la red que englobe puntos como:

- Volumen de tráfico.
- Características de los servicios ofrecidos
- Demanda esperada.
- Aspectos económicos sobre costes de centros y otros componentes de red.
- Análisis de las rutas directas.
- Fiabilidad y calidad que se espera de la red
- Explotación, mantenimiento y la flexibilidad que se desee lograr para incorporar nuevos usuarios a la red.
- Topología del lugar

La fiabilidad esperada de la red es un factor crucial para decidir el diseño de la misma. Para mejorar la fiabilidad se puede usar redundancia en los posibles puntos de fallo de la red. Se distinguen de dos tipos de redundancia:

Redundancia en medios de transmisión o de camino, consiste en tener distintos caminos físicos para llegar a un nodo, lo que facilita el cambio de camino ante el fallo en uno de ellos.

Redundancia en equipos, consiste en poseer equipos (o parte de ellos) inactivos que puedan sustituir a los que están funcionando en caso de avería.

En el diseño de la red de TERACOM S.A. se consideró como alternativa de respaldo, contar con una red redundante en medios de transmisión, para la cual se conservó una reserva de cuatro hilos de fibra óptica.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las redes híbridas formadas por fibra óptica y cable coaxial (HFC), se han convertido en una solución eficiente no sólo para la prestación del servicio de televisión por cable, sino para la prestación de varios servicios adicionales como Internet de banda ancha, telefonía IP y televisión IP.

El diseño de la red a ser implementado por TERACOM S.A. para la ciudad de Pasaje, provincia de El Oro, pretende brindar un servicio de valor agregado a los actuales clientes, ampliando así su cartera de prestaciones, brindando mayores ventajas que los actuales proveedores en el mercado, reuniendo los ahora considerados servicios de nueva generación.

La implementación de la fibra óptica en servicios de datos y video de banda ancha permite alcanzar varias distancias con un margen máximo de 25 Km, además presenta ligeras atenuaciones frente a las infraestructuras montadas en la actualidad de cobre lo que representa una ventaja al momento de seleccionarla.

La tecnología de acceso a través de fibra óptica ofrece, en teoría, un ancho de banda ilimitado llegando a ser considerado como el medio de transmisión y solución fundamental para la provisión de servicios de banda ancha a los usuarios, que para la mayoría de tecnologías utilizadas actualmente son limitadas por los bajos niveles de velocidad que poseen las redes de cable coaxial.

A pesar de contar con un mayor nivel de ancho de banda en la comunicación, otros aspectos deben tenerse en cuenta como la seguridad, costo efectivo, nivel de eficiencia y calidad.

Las redes HFC aprovechan los beneficios ofrecidos por cada tecnología que la conforman y minimizan el impacto de las limitaciones a cada una. La importancia de utilizar un estándar internacional radica en la interoperabilidad existente entre los

productos de varios fabricantes; debido a esto, el operador de cable no está sujeto a una sola marca, sino que tiene la libertad de elegir los equipos que más se adapten a sus necesidades, haciendo que los precios sean más convenientes para el operador.

Dadas las características de los nuevos servicios a implementarse sobre la red HFC de TERACOM S.A., es de suma importancia garantizar la confidencialidad e integridad de los datos provenientes desde y hacia los usuarios que han contratado los servicios. Para garantizar la privacidad de los datos, es indispensable encriptar la información, y autenticar al usuario del servicio. Con estas medidas, evitamos que personas sin autorización manipulen la información que atraviesa la red, en perjuicio tanto del usuario como de la empresa.

En el cálculo de las capacidades requeridas por parte de los usuarios, así como en la distribución de los elementos del diseño de la red de TERACOM S.A., se realizó considerando una proyección a futuro de diez años. Con este sobredimensionamiento se garantiza que la red y el servicio no colapsarán ante un comportamiento inusual por parte de los usuarios; además, también permite un crecimiento en el número de usuarios sin necesidad de realizar modificaciones sobre la red, con lo cual obtendremos que la empresa se beneficie a futuro pudiendo servir con la misma infraestructura instalada a más usuarios.

Es importante señalar que la transmisión de voz IP, así como de los datos provenientes desde Internet no interfieren con los canales del servicio de televisión por cable, ya que viajan a través de canales de ancho de banda modulados a diferentes frecuencias.

El servicio de televisión IP no presenta mayores inconvenientes tecnológicos para ser ofertado hacia los usuarios. Un limitante de este servicio sería el costo extremadamente alto para el usuario, ya que sobrepasa el umbral del valor de costos que se pagaría por la capacidad requerida para el servicio.

La facilidad de brindar nuevos y mejores servicios a través de la misma red, ha desatado el interés de varios operadores de cable que ven a través de estos servicios la oportunidad atraer nuevos clientes y de afianzarse en el mercado como empresas líderes en el sector del entretenimiento y las telecomunicaciones.

El análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto y su comparación con el costos de oportunidad, se concluye que el proyecto es rentable con las características detalladas en el proyecto.

Con el análisis económico se concluye que a pesar de ser una inversión alta la que se requiere para la implementación de la red, resulta rentable cumpliendo con una eficiencia administrativa. Ya que la proyección para cinco años se concluyó que el TIR es del 6% en comparación al 5% del costo de oportunidad, lo que indica que se tiene un margen de error muy pequeño, en el momento de la inserción de la redes rentable, por lo tanto, es recomendable seguir brindando el servicio de TV por cable, mientras se consiga una mayor aceptación en el mercado local.

De las experiencias adquiridas durante la elaboración de este estudio y análisis de factibilidad se puede recomendar lo siguiente:

Debido a los cambios administrativos y gerenciales por los cuales se encuentra cruzando la empresa TERACOM S.A. se recomienda, recopilar información con la cual se enfoque la red a implementarse dentro del plan de estudio de la empresa.

Al considerar que los usuarios de los servicios de voz y datos, llevan un buen tiempo contratados con otras operadoras, se recomienda realizar un proyecto de marketing para el lanzamiento de dichos servicios con el fin de atraer nuevos usuarios se cambien de operadora. Por ejemplo el servicio de Internet de banda ancha no tiene un operador que domine el mercado, pero es recomendable realizar promociones u ofertar el servicio de mejor calidad que las otras operadoras.

Se recomienda además implementar un sistema de monitoreo y mantenimiento, debido a que una falla en la misma, puede causar la suspensión de varios usuarios a la vez; para lo cual, debe contar con personal técnico altamente calificado para garantizar un buen servicio al cliente.

Se recomienda realizar un estudio de mercado, en base al área de cobertura de TERACOM S.A., para sincerar el número potencial de clientes para los servicios ofertados

De la misma manera, se recomienda realizar una reingeniería de procesos y recursos humanos, para optimizar los procesos administrativos con el objetivo de incrementar los márgenes de ganancia.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

AB	Ancho de Banda
ADSL	Asimetric Digital Line Subscriber
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AGC	Control automático de ganancia
APC	Control automático de pendiente
BSC	Controlador Estación Base
BSU	Unidad Estación Base
CATV	Antena Comunitario de Televisiónpor Cable
CCIR	Comité Consultivo Internacionales de Radiocomunicaciones
CDMA	Code Division Multiple Access
CMTS	Cable MODEM Termination System
CNR	Relación portadora a ruido
CONARTEL	Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión
CSO	Batido de segundo orden (Composite Second Order)
CTB	Batido de tercer orden (Composite Triple Beat)
dB	DeciBel
dBm	DeciBel referido a 1 miliWatio
dBmV	DeciBel referido a 1 miliVolt
dBuV	DeciBel referido a 1 microVolt
DNS	Domain Name System
DSL	Digital Line Subscriber
DSR	Receptor Digital Satelital
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Evolution
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FCC	Federal Communications Comisión
FTP	Protocolo de Transferencia de Ficheros
FTTC	Fibra hacia la Esquina
FTTH	Fibra hacia el Hogar

FTTN	Fibra hacia el Nodo
HFC	Híbrido Fiber-Coaxial
HSCSD	High Speed Circuit Switched
HTML	Hypertext Markup Language
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
ISP	Internet Service Provider
LNB	Convertidor de bloque de bajo ruido
NPR	Relación potencia a ruido
NTSC	National Television System Comité
PAL	Phase Alternating Line
PDC	Personal Digital Communications
RF	Radiofrecuencia
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
SCPC	Single Channel Per Carrier
SENATEL	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones
SNMP	Simple Network Management Protocol
SNR	Relación Señal a Ruido.
SUPTERTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones

BIBLIOGRAFÍA

Libros

SIMONETA, José, *Televisión Digital Avanzada*, 1era Edición, Editorial Intertel, Buenos Aires – Argentina, 2002.

SKLAR, Bernard, *Digital Communications – Fundamentals and Applications*, 2da Edición, Editorial Prentice Hall PTR, Los Angeles – USA, 2001.

HERNANDO RÁBANOS, José María, *Transmisión por Radio*, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces S.A, España, 1993.

STALLINGS, William, *Comunicaciones y Redes de Computadores*, Sexta Edición, Editorial Pearson Prentice Hall, Madrid-España, 2000.

TOMASI, Wayne, *Sistema de Comunicaciones Electrónicas*, Cuarta Edición, Editorial Prentice Hall, México, 2003.

Páginas WEB

Superintendencia de Telecomunicaciones, Empresas portadoras del Ecuador, 2008.

<http://www.supertel.gov.ec/telecomunicaciones/portadores/concesionarios.htm>

Wikipedia, Redes SDH/SONET, 2008.

http://en.wikipedia.org/wiki/Synchronous_Digital_Hierarchy

Wikipedia, Redes PDH, 2008.

<http://en.wikipedia.org/wiki/PDH>

Superintendencia de Telecomunicaciones, Proveedores de TV por Cable, 2007

<http://www.suputel.gov.ec/pdf/tv%20por%20cable.pdf>

Superintendencia de Telecomunicaciones, Proveedores de TV codificada Terrestre, 2007

<http://www.suputel.gov.ec/pdf/tv%20codificada%20terrestre.pdf>

Superintendencia de Telecomunicaciones, Proveedores de internet, 2007

<http://www.suputel.gov.ec/pdf/historico%acceso%internet20terrestre.pdf>

Wikipedia, Estándares DVB-S y DVB-S2, 2007

<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-S2>

Cisco, Características Generales del Receptor PowerVu 9850, 2007

http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/products/ps9185/c1650/cdccont_0900_aecd80708fa3.pdf

Wikipedia, Tipos de FEC, 2008

http://en.wikipedia.org/wiki/Forward_error_correction#Types_of_FEC

Consejo Nacional de Radio y Televisión, Reglamento General de Audio y Video por Suscripción, 2008.

http://www.conartel.gov.ec/archivos/reglamento_audio_video_suscripcion.pdf

Consejo Nacional de Radio y Televisión, Requisitos para autorización de sistemas de audio y video por suscripción, 2008.

http://www.conartel.gov.ec/archivos/file70_REQUISITOS_SISTEMAS_DE_AUDIO_Y_VIDEO_POR_SUSCRIPCION.pdf

Consejo Nacional de Radio y Televisión, Requisitos legales para solicitar concesiones de radio, televisión y sistemas de audio y video por suscripción, 2008.

http://www.conartel.gov.ec/archivos/Requisitos_legales.pdf

Satellite Guys. US, Scientific Atlanta PowerVu receivers, 2008.

<http://www.satelliteguys.us/fta-manuals/92594-scientific-atlanta-powervu-receivers.html>

Audiovox, Catálogo de Productos, 2007.

<http://www.audiovox.com/webapp/wcs/stores/servlet/ProductDisplay?catalogId=10001&storeId=10001&productId=14124&langId=-1>

Andy Davenport, CATV - TV - FM Frequencies, Agosto de 1999.

<http://www.chem.hawaii.edu/uham/catvfreq.html>

Curso de Fibras Ópticas.

http://www.multiweb.com.ar/usuarios/fibromarket/material/curso_fibras_opticas.pdf

Introducción a la Fibra Óptica. Oscar Santa Cruz 2002.

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFO2.pdf>

TCA Soluciones con fibra óptica.

<http://www.tca.cl/empresa.htm>

Redes PON

<http://www.networkdictionary.com/telecom/Convergence/PON.php>

Seminarios

RODRIGUEZ, Diego, “Televisión Digital”, I Seminario de Televisión Digital – UPS, Cuenca, Julio de 2007.

ANEXOS

ANEXO 1

El anexo 1 corresponde a la “Norma Técnica para el Servicio Analógico de Audio y Video por Suscripción bajo la Modalidad de Cable Físico” resuelta por el CONARTEL mediante Resolución N° 4771.

Dicha norma se puede verificar en la página de internet del CONARTEL:

http://www.conartel.gov.ec/archivos/norma_tecnica_audio_video_suscripcion.pdf

ANEXO 2

CONSEJO NACIONAL DE RADIODIFUSION Y TELEVISION

C O N A R T E L

El Art. 16 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, establece el siguiente formato de requisitos que deben presentar los peticionarios, con el objeto de obtener la concesión y autorización para instalar, operar y explotar un sistema de Audio y Video por Suscripción.

REQUISITOS PARA AUTORIZACION DE SISTEMAS DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCION

- a) Solicitud escrita dirigida al señor Presidente del CONARTEL, en la que consten los nombres completos del solicitante y su nacionalidad, la dirección a la que se le remitirá correspondencia, número telefónico y de fax.
- b) Nombre propuesto para la estación o sistema a instalarse;
- c) Clase de sistema (según formato 1)
- d) Banda de frecuencia (según formato 2)
- e) Estudio de Ingeniería suscrito por un ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, colegiado y registrado en la Superintendencia de Telecomunicaciones (según formato 3)
- f) Ubicación y potencia de la estación o estaciones
- g) Horario de trabajo
- h) Dos certificados bancarios que acrediten la solvencia económica del solicitante (originales o copias certificadas)
- i) Currículum Vitae para caso de persona natural
- j) j) Declaración Juramentada que el peticionario no se encuentra incurso en ninguna de las limitaciones establecidas en el artículo 10 de la Ley de Radiodifusión y Televisión, en relación con el número de estaciones de las que puede ser concesionario (original o copia certificada).
- k) k) Declaración juramentada en la que el peticionario se compromete a no interceptar señales de telecomunicaciones
- l) Si es persona natural, deberá adjuntar copias certificadas de la Cédula de Ciudadanía, papeleta de votación y original de la partida de nacimiento, del solicitante y del cónyuge. Si se trata de persona jurídica, debe presentar los documentos que acrediten su existencia legal y el nombramiento del representante legal. Para el caso de compañías, corporaciones o fundaciones, debe adjuntar las partidas de nacimiento de los socios o miembros; para las sociedades anónimas, el certificado de porcentaje de inversión extranjera otorgado por la Superintendencia de Compañías.
- m) Fe de presentación de la comunicación dirigida al Comando Conjunto de las FFAA, solicitando el Certificado de Idoneidad.

ACLARACION 1.- Previo a la suscripción del contrato de autorización, deberá presentar la garantía de cumplimiento del contrato, de acuerdo a lo que señala el Art. 20 de la Ley de Radiodifusión y Televisión.

ACLARACION 2.- Si el peticionario ya es concesionario (tiene autorización para operar un sistema de radiodifusión o televisión), no requiere presentar el requisito de la letra "l)".

NOTA: *Toda la documentación deberá presentarse en original y copia (dos carpetas), en la Unidad de Documentación y Archivo de la Institución.*

FORMATO 1

AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCION

CLASE DE ESTACION O SISTEMA

- 1) Nombre del Peticionario: _____
- 2) 2) Clase de sistema:
- a) Audio y video por suscripción, mediante redes de cable o fibra óptica (Televisión por Cable): SI ____ NO ____
 - b) Audio y video por suscripción, mediante utilización de los canales altos de UHF-TV (Televisión Codificada): SI ____ NO ____
 - c) Audio y video por suscripción, mediante Sistemas de Distribución Multicanal-Multipunto (MMDS): SI ____ NO ____
 - d) Audio y video por suscripción, mediante Sistemas de Distribución Multipunto Local (TV Celular), en la banda de a GHz: SI ____ NO ____
 - e) Audio y video por suscripción, mediante sistemas satelitales (DTH): SI ____ NO ____
 - f) Audio y video por suscripción, mediante sistemas de radiodifusión (Venta de Música): SI ____ NO ____
 - g) Otros (describir):

FORMATO 2

AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCION

BANDA DE FRECUENCIA

Nombre del peticionario: _____

- a) Para Sistemas de Televisión por Cable o fibra óptica
No se requiere llenar esta información.
- b) Para Sistemas de Televisión Codificada en UHF
Llenar el siguiente cuadro de los canales que transmitirá:

No. CANAL	BANDA DE FRECUENCIA (MHz)

- c) Para Sistemas de Televisión Codificada MMDS
Llenar el siguiente cuadro de los canales que transmitirá:

No. CANAL	BANDA DE FRECUENCIA (MHz)

- d) Para Sistemas de TV-Celular
Llenar el siguiente cuadro:

Ciudad	No. Celda	No. Canales en la celda	Banda de frecuencias que ocupa el transmisor

- e) Para sistemas DTH
Banda de frecuencias que utilizará y satélite (posición orbital):
- f) Para sistemas de venta de música
Banda de frecuencias:
- g) Otros
Detalle bandas de frecuencias requeridas:

FORMATO 3

AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCION

ESTUDIO DE INGENIERIA

Nombre del peticionario: _____

1. **DECLARACION DEL PROFESIONAL:** El profesional debe declarar que el estudio de ingeniería, planos de equipos e instalaciones y demás documentación técnica los presenta bajo su responsabilidad; demostrará que su profesión se encuentra dentro del campo de la Electrónica y/o Telecomunicaciones; indicará claramente su nombre y número de afiliación al Colegio Profesional correspondiente; y manifestará que conoce la Ley de Radiodifusión y Televisión; su Reglamento General, la Norma Técnica para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica. y Reglamento para Sistemas de Audio y Video por suscripción.
2. Descripción general del sistema (Memoria Técnica)
3. Descripción del servicio que se ofrecerá a los usuarios del sistema
4. Datos de ubicación geográfica de la (s) estación (es): localidad, dirección, coordenadas geográficas y descripción de su función en el sistema
5. Características técnicas de los equipos que conforman el sistema
6. Características del sistema de recepción de las señales;
7. Características de la calidad de la señal
8. Características de la programación de las estaciones de televisión internacionales que serán distribuidas por el cable
9. Descripción de los dispositivos de seguridad y señalización para la navegación aérea que se instalarán en caso necesario, conforme a las regulaciones pertinentes sobre la materia
10. Información sobre la instalación, explotación y operación del sistema
11. Si el sistema a operar fuere Televisión por Cable, el estudio contendrá además las características y configuración de la red de distribución, con el plano de la red.
12. Enlaces satelitales de sistemas de audio y video por suscripción, de acuerdo a Formato 3.1.

FORMATO 3.1

PARA ESTUDIOS DE INGENIERIA DE ENLACES SATELITALES DE SISTEMAS DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN

Nombre del peticionario: _____

1. DECLARACION DEL PROFESIONAL: El profesional debe declarar que el Estudio de Ingeniería, planos de equipos e instalaciones y demás documentación técnica los presenta bajo su responsabilidad; demostrará que su especialización se encuentra dentro del campo de la Electrónica y/o Telecomunicaciones; indicará claramente su nombre y número de afiliación al Colegio Profesional correspondiente; y manifestará que conoce la Ley de Radiodifusión y Televisión; su Reglamento General y las Normas Técnicas pertinentes.

2. NOMBRE DE LA ESTACION TERRENA: _____

3. OPERADOR:

3.1 Nombre: _____

3.2 No. Telefónico: _____

3.3 No. Fax: _____

3.4 Dirección: _____

4. INFORMACION GEOGRAFICA

4.1 Latitud: ____ grados ____ min ____ seg. Norte _____ Sur _____

4.2 Longitud: ____ grados ____ min ____ seg. Oeste _____

4.3 Dirección (calles, No. , ciudad)

5. SATÉLITES A UTILIZARSE: _____

6. TIPO DE ESTACION TERRENA:

6.1 Diámetro de antena: _____ metros

6.2 Tipo de polarización: _____

6.3 Método de rastreo: _____

6.4 Banda de recepción _____ a _____ MHz

6.5 Figura de mérito G/T: _____ dB/ K

6.6 Capacidad para variar la frecuencia: _____

6.7 Sistemas de control de la estación terrena: _____

**7. 7. INDICAR LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD HUMANA Y DE NAVEGACION
AÉREA QUE DISPONDRÁ LA ESTACION TERRENA:**

8. ADJUNTAR LITERATURA TÉCNICA DE LOS EQUIPOS Y ANTENAS A UTILIZARSE

Elaborado por: _____

f) _____

ANEXO 3



PN-1 Indoor Optical Node

- Integrated high linearity optical receiver and transmitter for two-way operation
- Rugged, 7" x 4" x 3" precision aluminum die-cast case guarantees excellent mechanical integrity, ease of installation and shielding effectiveness
- Bi-directional operation with forward bandwidth from 54~860MHz (analog and digital) and reverse bandwidth from 5~42MHz
- Wide optical window (-6dBm to 3dBm) provides excellent forward operation at low optical input levels
- Full 25dBmV typical RF output for superior C/N performance
- Return loss guarantees excellent impedance match across the frequency band with minimal reflection and cross coupling between ports
- Input and output -20dB F-connector test points for monitoring RF signals to prevent system overload
- Calibrated 1V/mW optical input into the receiver and optical level out of the transmitter
- Optical power monitoring for optimal optical input and output power range indication
- Equipped with internal 80~130 Vac power supply with filter to eliminate hum modulation

Forward Receiver

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
	Optical Wavelength	-	1290	-	1600	nm
$V_{\text{Opt. In}}$	Monitor Voltage	$I=1310$	-	1	-	V/mW
P_{in}	Optical Input Power	Continuous	-6	1	3	dBm
f	Frequency Range	-	54	-	1000	MHz
FL	Freq. Response Flatness	$f=53\sim 1000\text{MHz}$	-	± 0.5	-	dB
S22	Output Return Loss	$f=53\sim 1000\text{MHz}$	15	16	-	dB
V_o	Output Level	-	-	25	-	dBmV
	Optical Return Loss	-	45	-	-	dB
CTB	Composite Triple Beat	99chs flat,	-	-	-61	dB
CSO	Composite Second Ordering	$f_m=859.25\text{MHz}$	-	-	-60	dB

* Test Results are typical and were performed at our San Diego test center.

Return Transmitter

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
	Optical Wavelength	-	-	1310	-	nm
W_{Out}	Optical Output Power	Continuous	0.5	1	3	dBm
$V_{\text{Opt. In.}}$	Monitor Voltage	$I=1310$	-	1	-	V/mW
$V_{\text{rin.}}$	RF Input Level	-	-	15	-	dBmV
f	Frequency Range (option)	-	5	-	42	MHz
FL	Freq. Response Flatness	$f=5\sim 42\text{MHz}$	-	± 0.5	-	dB
S11	Input Return Loss	$f=5\sim 42\text{MHz}$	15	16	-	dB
	Optical Output Return Loss	-	-	-	-	45 dB

General

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{In}	-	-	80	-	120	VAC
I_{tot}	Total Current Consumption	$V+=12\text{V}$	-	350	-	mA

Dimensions 7.5" (L) x 4.2" (W) x 3.3" (H)

Weight 2.60 lbs



PMN-1 Mini-Indoor Optical Node

- Integrated high linearity optical receiver and transmitter for two-way operation
- Compact, 5" x 3" x 1.3" precision aluminum die-cast case guarantees excellent mechanical integrity, ease of installation and shielding effectiveness
- Bi-directional operation with forward bandwidth from 54~1000MHz (analog and digital) and reverse bandwidth from 5~42MHz
- Wide optical input range (-6dBm to 3dBm) provides excellent operation at low optical input levels
- Full 25dBmV typical RF output for superior C/N performance
- Return loss guarantees excellent impedance match across the frequency band with minimal reflection and cross coupling between ports
- Optical power monitoring for optimal optical input and output power range indication
- Calibrated 1V/mW optical input test point for signal monitoring
- 12Vdc line powered with a wall mounted 120/240Vac wall adaptor included

Forward Receiver

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
	OpticalWavelength	-	1290	-	1600	nm
V _{Opt. In}	Monitor Voltage	=1310	-	1	-	V/mW
P _{in}	Optical Input Power	Continuous	-6	1	3	dBm
f	Frequency Range	-	54	-	1000	MHz
FL	Freq. Response Flatness	f=53~1000MHz	-	±0.5	-	dB
S22	Output Return Loss	f=53~1000MHz	15	16	-	dB
V _o	Output Level	-	-	25	-	dBmV
	Optical Return Loss	-	45	-	-	dB
CTB	Composite Triple Beat	99chs flat,	-	-	-61	dB
CSO	Composite Second Ordering	fm=859.25MHz	-	-	-60	dB

* Test Results are typical and were performed at our San Diego test center.

Return Transmitter

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
	Optical Wavelength	-	-	1310	-	nm
W _{Out}	Optical Output Power	Continuous	0.5	1	3	dBm
V _{Opt. In.}	Monitor Voltage	I=1310	-	1	-	V/mW
V _{rin.}	RF Input Level	-	-	15	-	dBmV
f	Frequency Range (option)	-	5	-	42	MHz
FL	Freq. Response Flatness	f=5~42MHz	-	±0.5	-	dB
S11	Input Return Loss	f=5~42MHz	15	16	-	dB
	Optical Output Return Loss	-	-	-	-	45 dB

General

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _{In}	-	-	11.5	-	15.5	VAC
I _{tot}	Total Current Consumption	V+=12V	-	350	-	mA

Dimensions 5.15" (L) x 4.4" (W) x 1.3" (H)

Weight 0.75 lbs

Specifications Subject to Change © Copyright 2009 Pico Macom, Inc.



PON-2R 2 Way Outdoor Optical Nodes

- Rugged, weather-resistant aluminum die-cast case enables outdoor operation over extreme temperature ranges
- Forward band 54~860 MHz; return band 5~42 MHz (PON-2R option) allows bi-directional flow of data from customer to the headend
- Wide optical window (-6dBm to 3dBm) provides excellent operation at low optical input levels
- Two GaAs double-amplifier modules provide 48 dBmV RF output levels with excellent C/N performance to 860 MHz
- Power factor corrected 60 to 90 Vac cable (line) powering provides efficient and smooth power regulation
- Plug-in attenuator and equalizer pads for excellent broadband linearity and signal balancing
- Internally integrated surge-resistant circuitry protects hybrid amplifier modules against damage, guaranteeing long-term operation
- 15 amperes current passing capacity and 15 amperes surge survivability

Specifications

Optical Characteristics

Input optical wavelength	1290~1600nm
Input optical return loss	>45dB

Electrical Characteristics

Forward bandwidth	54~860 MHz
Frequency response	±1.0dB
CNR	≥51dB *
Output return loss	≥15dB
Output level	48dBmV
Distortion	CTB≤-65dBc *
	CSO≤62dBc *
Test output port level	-20dB

(* Loaded with 77 analog channels)

Return Optical Transmission (PON-2R Option)

Output optical wavelength	1310nm
Reverse bandwidth	5~42MHz
Optical return loss	>45dB
Duplex filter option	42/54 standard, and 65/87MHz
Optical output level	1dBmV
Optical connector	SC/APC standard
Power Input	AC 60 or 90Vac 800mA

Dimensions

Weight 10.00 lbs

Ordering Information

PON-2R 2-Way Outdoor Optical Node
(Includes one **FRM2** Receiver and one **RTM2** Transmitter Module)

Accessories/Spares

FRM2 Forward Receiver Module

RTM2 Reverse Transmitter Module

PON2-AT - (value) Plug-in Attenuator

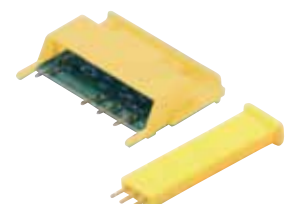
PON2-EQ - (value) Plug-in Equalizer

PON2-D42/54 Kit-Diplexer 860 MHz, 42/54, 2 Port RF Out

PON2-D65/87 Kit-Diplexer 860 MHz, 65/87, 2 Port RF Out

AT-Values = 0, 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 20

EQ-Values= 0, 3, 6, 9, 12, 15, 20





PON-4R 4 Way Outdoor Optical Nodes

- Rugged, weather-resistant aluminum die-cast case enables outdoor operation over extreme temperature ranges
- Forward band 54~860 MHz; return band 5-42 MHz (**PON-4R option**) allows bi-directional flow of data from customer to the headend
- Wide optical window (-6dBm to 3dBm) provides excellent operation at low optical input levels
- Broadband hybrid power doubler technology provides superior RF performance and very low composite intermodulation distortion
- Choice of frequency diplexer splits: comes with 42/54 (30.45 and 65.87 optional) for both NTSC and PAL applications
- Power factor corrected 60 and 90 Vac cable (line) powering provides efficient and smooth power regulation
- Plug-in attenuator and equalizer pads for excellent broadband linearity and signal balancing
- Internally integrated surge-resistant circuitry protects hybrid amplifier modules against damage, guaranteeing long term operation
- Optional forward redundancy with two 1310/1510 optical receivers
- Flexible reverse path with 1 to 4 reverse transmitters per node
- 15 amperes current passing capacity and 15 amperes surge survivability

Specifications

Optical Characteristics

Input optical wavelength	1290~1600nm
Input optical return loss	>45dB

RF Amplifier Characteristics

Forward bandwidth	54~860 MHz
Frequency response	±1.0dB
CNR	≥51dB *
Output return loss	≥15dB
Output level	48dBmV
Distortion	CTB≤-65dBc *
	CSO≤62dBc *
Test output port level	-20dB

(* Loaded with 77 analog channels)

Return Optical Transmission (PON-4R Option)

Reverse bandwidth	5~42MHz
Duplex filter options	42/54 standard, and 65/87MHz
Optical output level	1dBmV
Wavelength	1310nm
Optical connector	SC/APC (standard)
Reverse RF test port	-20dB
Optical output test port	1V/mW (±20%)

Electrical Characteristics

Voltage	60~90Vac Systems
Frequency	47~63Hz
Power Consumption	70 Watts typical, 94 Watts maximum

Dimensions

15" (L) x 9" (W) x 7.8" (H)

Weight

19.20 lbs

Ordering Information

PON-4R 4-Way Outdoor Optical Node (Includes one **FRM4** Receiver and one **RTM4** Transmitter Module)

Accessories/Spares

FRM4 Forward Receiver Module

RTM4 Reverse Transmitter Module

PON4-AT - (value) Plug-in Attenuator

PON4-EQ - (value) Plug-in Equalizer

PON4-D42/54 Kit-Diplexer 860 MHz, 42/54, 4 Port RF Out

PON4-D65/87 Kit-Diplexer 860 MHz, 65/87, 4 Port RF Out

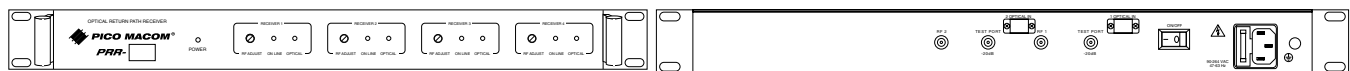
AT-Values = 0, 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 20

EQ-Values= 0, 3, 6, 9, 12, 15, 20



PRR Series Optical Return Receivers

- Available in 1, 2 and 4-receiver configurations.
- Optical power monitoring.
- 5~200MHz return bandwidth for CATV return path.
- High 45dBmV RF output at an optical wavelength of 1310/1550nm provides excellent C/N ratio.
- -20dB RF system test point to monitor the RF output of the receiver.
- Low power consumption.
- Optical window of -2dBm to 0dBm for improved system performance.



Front View

Rear View

Specifications

Optical Wavelength	1290nm/1600nm	Composite Second Ordering (CSO)*	≥60dB
Optical Input Range	-2dBm to 0dBm	Composite Triple Beat (CTB)*	≤65dB
Optical Connector Type	SC/APC(FC/APC Optional)	Power Consumption (typical)	30 watts
RF Frequency Range	5~200MHz	Operating Temperature	0~50°C
RF Output Level	45dBmV	Storage Temperature	-20~+65°C
RF Output Impedance	75	Relative Humidity	<10%
In-Band Flatness	±1dB	Dimensions	19" (W) x 13" (D) x 1(RU)
Output Return Loss	≥15dB	Weight	7.15 lbs PRR-1
Carrier-to-Noise Ratio (CNR)*	≥50dB		7.50 lbs PRR-2
			8.15 lbs PRR-4

Ordering Information

PRR-1	Single Optical Return Receivers
PRR-2	Dual Optical Return Receivers
PRR-4	Quad Optical Return Receivers