

**ANÁLISIS DEL PROTOCOLO PACKETCABLE PARA  
TELEFONÍA DIGITAL EN REDES DE CABLE**

**JORGE WILSON GARCÍA RODRÍGUEZ  
OMAIRA GUERRERO PEDRAZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA  
Y DE TELECOMUNICACIONES  
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2011**

**ANÁLISIS DEL PROTOCOLO PACKETCABLE PARA  
TELEFONÍA DIGITAL EN REDES DE CABLE**

**JORGE WILSON GARCÍA RODRÍGUEZ  
OMAIRA GUERRERO PEDRAZA**

**Monografía para optar al título de  
Especialista en Telecomunicaciones**

**Director**

**Mie. JOSÉ DE JESÚS RUGELES URIBE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA  
Y DE TELECOMUNICACIONES  
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2011**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	14
<b>OBJETIVOS</b>	17
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	18
<b>2. HISTORIA CABLELABS</b>	21
2.1 Historia del Cable	23
2.2 Historia de la Televisión en Colombia	24
2.2.1 División Territorial Colombiana	26
2.2.1.1 División Municipal o Distrital	26
2.3 Actualidad Normativa CNTV	27
<b>3. COMPONENTES FUNCIONALES DE PACKETCABLE</b>	29
3.1 Red Acceso HFC	30
3.1.1 Topologías de la red	36
3.1.2 Estructura de la red	38
3.1.3 Conformación de la red HFC	39
3.1.3.1 Cabecera (Headend)	39
3.1.3.2 Línea Troncal	40
3.1.3.3 Línea Distribución	41
3.1.3.4 Componentes Línea de distribución	42
3.1.3.4.1 Derivadores de Señal (Taps)	42

3.1.3.4.2	Ecualizadores de Línea	45
3.1.3.4.3.	Acopladores Direccionales	47
3.1.3.5	Amplificadores	48
3.1.3.6	Acometida al abonado	50
3.1.4	Medios de transmisión	51
3.1.4.1	Cable Coaxial	51
3.1.4.1.1	Características del cable	51
3.1.4.1.1.1	Impedancia Característica (Ohm)	51
3.1.4.1.1.2	Atenuación	52
3.1.4.1.1.3	Pérdidas de retorno estructural (dB/100m) (Structural Return Loss – SRL)	54
3.1.4.1.1.4	Velocidad de propagación (%)	55
3.1.4.2	Fibra Óptica	55
3.1.4.2.1	Historia	55
3.1.4.2.2	Propiedades de la Fibra Óptica	56
3.1.4.2.3	Composición de la Fibra Óptica	58
3.1.4.2.4	Modo de transmisión	59
3.1.5	MTA (Adaptador Terminal de Medios)	59
3.1.5.1	Funcionalidades	62
3.1.6	CMTS (Sistema de Terminación de Cable módems)	62
3.2	Red IP Gestionada	65
3.2.1	Servidor de Gestión de Llamadas (CMS – Call Management Server)	65
3.2.2	Servidores auxiliares del sistema de soporte de operaciones (OSS, Operations Support System)	66

3.3 La Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC)	68
<b>4. ESTRUCTURA DE LAS REDES PARA EL SERVICIO DE VOZ</b>	<b>69</b>
4.1 Procesos a implementar para mejorar redes	70
4.1.1 Proceso Diseño	70
4.1.2 Proceso de Construcción	75
4.1.3 Proceso Calibración y Certificación	77
<b>5. SERVICIOS DE UNA RED HFC</b>	<b>81</b>
5.1. Servicios	81
5.1.1 Difusión de video analógico	81
5.1.2 Difusión de video digital	82
5.1.3 Video bajo demanda	82
5.1.4 Televisión avanzada	82
5.1.5 Audio digital	82
5.1.6 Telefonía	83
5.1.7 Videoconferencia	83
5.1.8 Redes de computadores	83
5.1.9 Videojuegos	84
5.1.10 Telemetría	84
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>85</b>
<b>7. GLOSARIO</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>97</b>
<b>BILIOGRAFÍA EN INTERNET</b>	<b>98</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Diagrama Funcional Especificación PacketCable	30
<b>Figura 2.</b> Proceso comunicación protocolo DOCSIS	34
<b>Figura 3.</b> Topologías de la Red	37
<b>Figura 4.</b> Línea Troncal	40
<b>Figura 5.</b> Cable Coaxial Troncal o Expreso	41
<b>Figura 6.</b> Cable Coaxial de Distribución	42
<b>Figura 7.</b> Derivador de 2 puertos	43
<b>Figura 8.</b> Derivador de 4 puertos	44
<b>Figura 9.</b> Derivador de 8 puertos	45
<b>Figura 10.</b> Ecualizador de Línea	46
<b>Figura 11.</b> Acoplador Direccional	47
<b>Figura 12.</b> Amplificador Troncal	48
<b>Figura 13.</b> Amplificador Distribución	49
<b>Figura 14.</b> Amplificador extensor de Línea	49
<b>Figura 15.</b> Amplificador Domiciliario	49
<b>Figura 16.</b> Cable Coaxial de Acometida (Drop)	50
<b>Figura 17.</b> Cable Coaxial	51
<b>Figura 18.</b> Composición de la Fibra Óptica	58
<b>Figura 19.</b> Modo de transmisión	59

<b>Figura 20.</b>	Diagrama funcional MTA	60
<b>Figura 21.</b>	MTA (Adaptador Terminal de Medios)	61
<b>Figura 22.</b>	CMTS (Sistema de Terminación de Cable módems)	63
<b>Figura 23.</b>	Levantamiento de Información	71
<b>Figura 24.</b>	Pantallazos software de diseño Lodedata	73
<b>Figura 25.</b>	Diseño Cable Coaxial	74
<b>Figura 26.</b>	Detalle Diseño Cable Coaxial	75
<b>Figura 27.</b>	Pruebas de voltaje en la fuente de poder que alimenta el circuito	78
<b>Figura 28.</b>	Pruebas de los niveles de ruido en los canales de retorno	79
<b>Figura 29.</b>	Pruebas del nivel de la portadora en retorno	79

## LISTA DE TABLAS

		Pág.
<b>Tabla 1.</b>	Evolución versiones DOCSIS	32
<b>Tabla 2.</b>	Requerimientos Mínimos para la banda Upstream	35
<b>Tabla 3.</b>	Requerimientos Mínimos para la banda Downstream	36
<b>Tabla 4.</b>	Derivador de 2 puertos – FFT2	43
<b>Tabla 5.</b>	Derivador de 4 puertos – FFT4	44
<b>Tabla 6.</b>	Derivador de 8 puertos – FFT8	45
<b>Tabla 7.</b>	Especificaciones del Ecualizador FFE-8-100S	46
<b>Tabla 8.</b>	Especificaciones de Acopladores Direccionales	47
<b>Tabla 9.</b>	Pérdida máxima del Cable Troncal	53
<b>Tabla 10.</b>	Pérdida máxima del Cable de Acometida	54
<b>Tabla 11.</b>	Niveles de señal en cada punta terminal	77
<b>Tabla 12.</b>	Pruebas de velocidad de navegación de CableMódems	80

## RESUMEN

**TÍTULO:** ANÁLISIS DEL PROTOCOLO PACKETCABLE PARA TELEFONÍA DIGITAL EN REDES DE CABLE\*

**AUTOR:** JORGE WILSON GARCÍA RODRÍGUEZ  
OMAIRA GUERRERO PEDRAZA\*\*

### **PALABRAS**

**CLAVES:** Cable coaxial, DOCSIS (Especificaciones de Interfaces de Servicios de datos sobre Cable), fibra óptica, MTA, PacketCable, encriptación, CMTS (Sistema de Terminación de Cable módem).

### **DESCRIPCIÓN:**

El presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer las bondades y la estructura de la tecnología PacketCable, la implementación de los servicios de telefonía en una red de cable, conociendo las interfaces y protocolos que emplea. La arquitectura PacketCable está basada en tres redes que se integran entre sí para hacer posible la comunicación de voz entre los usuarios de la red:

1. La red de acceso que está conformada por la estructura HFC, es la red conformada por el cable coaxial, la fibra óptica, el sistema de amplificación y los dispositivos de distribución de la señal, así mismo, encontramos los dispositivos del lado del usuario, el MTA y del lado del administrador de la red el CMTS.
2. La red IP Gestionada, es la encargada de mantener la comunicación entre los dispositivos involucrados, controla la señalización y mantiene la calidad de la llamada.
3. La red telefónica pública conmutada RTPC, es la encargada de establecer la comunicación entre la red IP y la red de telefonía básica, usando para ello, enrutadores que direccionan la ruta de cada llamada y convierte al formato requerido.

Las redes de cable deben cumplir unas características especiales de diseño y así mismo cumplir las especificaciones de funcionamiento determinadas por DOCSIS - Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable.

La implementación de la arquitectura hace posible un desarrollo tecnológico de avanzada, logrando unificar los servicios de transporte de datos y brindando la posibilidad de la utilización de redes de cable para transportar paquetes de voz con la máxima eficiencia posible.

---

\* Proyecto de Grado.

\*\* Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Especialización en Telecomunicaciones. Director Mie. José de Jesús Rugeles Uribe.

## ABSTRACT

**TITLE:** PACKETCABLE PROTOCOL FOR ANALYSIS OF DIGITAL TELEPHONY NETWORKS IN CABLE\*

**AUTHOR:** JORGE WILSON GARCÍA RODRÍGUEZ  
OMAIRA GUERRERO PEDRAZA\*\*

**KEY WORDS:** Coaxial cable, DOCSIS (Interfaces Specifications for Cable Data Services), optical fiber, MTA, PacketCable, encryption, CMTS (Cable Termination System Modem).

### DESCRIPTION:

This paper aims to present the advantages and structure of PacketCable technology, the implementation of telephony services in a cable network, knowing the interfaces and protocols used. The PacketCable architecture is based on three networks that are integrated together to enable voice communication between users of the network:

1. The access network that consists of the structure HFC network is formed by the coaxial cable, fiber optics, the amplification system and arrangements for distribution of the signal, likewise, we find the devices on the user side, the MTA-side and network administrator the CMTS.
2. The Managed IP network, is responsible for maintaining communication between the devices involved, controls signaling and maintains the quality of the call.
3. The public switched telephone network PSTN, is responsible for establishing communication between the IP network and basic telephone network, using for this, routers that address the route of each call and makes the required format.

Cable networks must meet some special design features and likewise meet certain performance specifications for DOCSIS – Interface Specification for Cable Data Services.

The implementation of architecture enables advanced technological development, achieving unification of data transport services and providing the possibility of using cable networks to carry voice packets as efficiently as possible.

---

\* Graduation Project.

\*\* School of Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications. Specialization in Telecommunications. Director MIE. José de Jesús Rugeles Uribe.

## INTRODUCCIÓN

Cablelabs desarrolló el estándar **DOCSIS** cuya finalidad era generar la correcta funcionalidad de las tecnologías, éste estándar luego fue implementado por los fabricantes de equipos, quienes garantizaron la transmisión de datos de alta velocidad en las redes de televisión por cable.

La tarea del desarrollo de la especificación se inició a mediados de los 90; en el año 1997 se publicó la primera versión, años más tarde se certificó el primer equipo que cumplía con la especificación modificada (versión 1.1) y en diciembre de 2001 se publicó la versión 2.0 que aún se encuentra vigente.

Desde entonces, DOCSIS se convirtió en el estándar sobre el cual se desarrolla la mayoría de las innovaciones tecnológicas de la industria de cable.

La arquitectura PacketCable nace de la necesidad de la industria en unificar las características de implementación de los servicios de voz, pues, en un comienzo la necesidad de ser los primeros llevó a que cada compañía generara su propia especificación y ello hacía que existieran en el mercado un sin número de productos para la misma aplicación pero incompatible entre ellos; ante esta necesidad nace CableLabs, que no es más que la unión de la industria de las comunicaciones por cable, cuya principal función en un comienzo, fue generar la normativa técnica para la transmisión de datos a alta velocidad.

Estas especificaciones tienden a involucrar desde las interfaces que se utilizan en el diseño y fabricación de equipo compatible para ofrecer voz sobre IP, video y otros servicios multimedia que requieren altas tasas de

transmisión; así mismo, el desarrollo de los códecs para voz, la seguridad, la facturación, la interconexión con la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC), la administración, la señalización y el aprovisionamiento de los mismos.

Un aspecto importante para lograr el éxito de la especificación era el desarrollo de la tecnología basada en el Protocolo de Internet (IP, Internet Protocol) y de la especificación DOCSIS, son las siglas de Data Over Cable Service Interface Specification (Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable).

PacketCable fue pensado para lograr la comunicación simultánea de un extremo a otro de millones de usuarios que en ese momento contaban las redes de televisión por cable, manteniendo la confiabilidad, calidad y adicionando las funcionalidades que en ese momento la telefonía tradicional (RTCP) no contaba. Esto se hace posible a través de la interconexión de las siguientes redes:

- Red HFC.
- Red IP administrada.
- Red PSTN.

La red HFC, establece todos los dispositivos y medios de transporte, para realizar una interfaz de comunicación y señalización entre los usuarios y la cabecera, la cual es monitoreada por la red IP administrada.

La red IP administrada, soporta los mecanismos de control y enrutamiento de las llamadas.

La red PSTN, permite establecer la comunicación y el transporte de tráfico telefónico y multimedia entre los usuarios de la red de cable HFC y usuarios

de otros tipos de redes telefónicas tradicionales mediante la red IP administrada.

La implementación de voz sobre IP (VoIP) era lo planteado por la arquitectura PacketCable, porque el objetivo principal de las compañías operadoras de cable consistía en fortalecer la relación con los usuarios de televisión; posteriormente en las versiones siguientes se plantearon la adición de servicios como la videoconferencia, los juegos interactivos y la mensajería unificada.

La especificación PacketCable brinda importantes ventajas con relación a otras plataformas. Facilita la integración de servicios VoIP de extremo a extremo, pues las modificaciones a la infraestructura usada en la transmisión bidireccional de datos a través de la red de cable son rápidas y fáciles de implementar, proporcionando ventajas económicas para los operadores y además, al tratarse de un estándar abierto, hace posible que cualquier operador que utilice PacketCable pueda interactuar con los demás operadores que hayan incorporado el mismo estándar.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar la arquitectura PacketCable para su aplicación en redes HFC.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.1 Dar a conocer las bondades de la implementación de la arquitectura PacketCable y generar un interés en la comunidad académica para su desarrollo.
- 1.2 Presentar los requerimientos técnicos de la red HFC que soporta la aplicación PacketCable.
- 1.3 Describir las etapas que componen la arquitectura PacketCable.
- 1.4 Elaborar un manual de consulta que sirva de referencia bibliográfica.

## **1. MARCO TEÓRICO**

El desarrollo tecnológico de las comunicaciones ha brindado a la humanidad novedosos medios, que permiten realizar cualquier tipo de comunicación empleando menores recursos.

Una aplicación en nuestro medio es la utilización de redes de cable para soportar transmisión de paquetes de datos que serán los encargados de establecer comunicación de voz entre dos puntos distantes, usando para ello las redes convencionales telefónicas.

El diseño de la red de comunicaciones, se debe ajustar y dimensionar a la proyección de servicios a prestar, el diseño es conveniente hacerlo pensando en la expansión de los servicios, con ello se logra un ajuste entre lo económico y lo técnico, pues al inicio se pueden hacer nodos grandes, esto quiere decir, con mayor número de casas pasadas, para cuando haya una mayor penetración ir disminuyendo el tamaño del nodo.

La utilización de herramientas de diseño como el software Lodedata, hacen posible dimensionar las cantidades de material usado en la construcción de la red, así mismo, conocer la inversión económica de una de las partes de la red, como es la red de acceso, HFC.

El cumplimiento de los parámetros de desempeño de la red de comunicaciones es fundamental para lograr una buena calidad en el servicio prestado, es así, como la especificación DOCSIS indica las características técnicas que debe cumplir la red HFC para garantizar el flujo de datos en la red.

DOCSIS<sup>1</sup> - Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable – es una serie de recomendaciones que se deben cumplir en las redes HFC para asegurar el funcionamiento del transporte de datos, ésta especificación tiene determinado un plan de frecuencias para hacer la comunicación en los dos sentidos, un canal de comunicación entre el proveedor y el usuario llamada “Downstream” y el canal de comunicación entre el usuario y el proveedor llamado “Upstream”.

La especificación PacketCable hace referencia a un conjunto de normas interoperables que sirven para la entrega de servicios multimedia en tiempo real en una instalación bidireccional de cable, las redes PacketCable utilizan la tecnología del protocolo de Internet para permitir una amplia gama de servicios multimedia, tales como telefonía IP, conferencias multimedia, juegos interactivos.

---

<sup>1</sup> <http://www.cablelabs.com/cablemodem/specifications/index.html>

PacketCable<sup>2</sup> 1.0 utiliza la especificación DOCSIS como medio para el transporte de los paquetes de voz, para lograr la finalización de la llamada utiliza administradores de llamada, como son el servidor administrador de llamadas –CMS-, que es el encargado de establecer la comunicación del MTA, aprovisionarlo y mantener el estado; para la comunicación con la red pública conmutada utiliza 3 controladores, MGC, SG y MG; la compuerta SG se encarga de la señalización IP de PacketCable desde y hacia la red pública, el MGC y el MG se utilizan en el tráfico de contenido después de que se ha establecido la señalización adecuada.

La utilización de la arquitectura PacketCable es un factor determinante en el desarrollo de las redes de cable, pues las hace más competitivas frente a los nuevos retos, las redes de telefonía básica conmutada; ésta especificación hace posible el establecimiento de una llamada entre dos usuarios, independiente de la red a la que pertenezca, es decir, un usuario puede estar en la red de cable y el otro en la red de telefonía básica conmutada, así mismo, presta todas las funcionalidades de una llamada, transferencia de llamadas, conferencia, contestador automático, entre otras.

---

<sup>2</sup> <http://www.cablelabs.com/packetcable/specifications/index.html>

## 2. HISTORIA CABLELABS

La historia de CableLabs<sup>3</sup> comienza con la visión y la perseverancia de un hombre, Richard S. Leghorn. En Brookline, Massachusetts, Leghorn se graduó del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en 1939 con un grado en la física. Él trabajó en Eastman Kodak Company antes de la Segunda Guerra Mundial.

La implicación de la Leghorn con la televisión por cable creció por las dificultades que experimentó al procurar ver un programa de una señal de televisión de las estaciones radiadas en Boston, Massachusetts, pues no había una compañía de cable.

En 1984, Leghorn propuso a la industria las técnicas de la “ingeniería de sistemas” que él y sus colegas habían empleado con éxito en su trabajo secreto del gobierno. El concepto de la “ingeniería de sistemas” fue concebida por un investigador de los laboratorios de Bell, G.W. Gilman, para describir una metodología que era desarrollada en los laboratorios Bell de AT&T que comenzaron en los años 20.

La técnica se describe en los laboratorios Bell, “Con este concepto, ahora ampliamente utilizado en la industria, una propuesta de innovación se evalúa en términos de viabilidad técnica, compatibilidad de existencia con sistemas futuros, soluciones alternativas posibles, viabilidad económica y otros criterios que actúan sobre la propuesta.”

---

<sup>3</sup> <http://www.cablelabs.com/anniversary/history.html>

La valoración de proyectos potenciales puede conducir a varias respuestas, un nuevo servicio o un sistema se pueden poner en ejecución, por otra parte, si el sistema existente se puede mejorar, la naturaleza y el grado de riesgos deben ser definidos, y la creación de nuevos estándares puede ser necesaria. Si se despliega una nueva tecnología, se debe entonces estar evaluando para ver si se está realizando según lo esperado.

En agosto de 1987, Leghorn informó a sus colegas de la industria su intento para financiar un proyecto de investigación de seis meses, con la participación de la Universidad de Estado de Pennsylvania, para ser titulada, televisión por cable en el año 2000 y más allá.

Este estudio, se centraría en “tendencias económicas y tecnológicas de importancia al desarrollo de la televisión por cable” y también en cómo crear una entidad de Investigación y Desarrollo para responder a estas tendencias.

Tiempo después de muchas reuniones y deliberaciones se sugirió el nombre que debería llevar el consorcio, Leghorn y John Rakoske de la compañía Cablevisión Continental. Sugirieron el de CableLabs, más formalmente, “Televisión por Cable Laboratories, Inc.,” un nombre que dijeron había sido propuesto por un grupo de operadores del cable en Pennsylvania.

Los tres campos de investigación que propusieron para la organización eran:

- La adecuación de las plantas existentes de cable para llevar TV con calidad.
- Estandarización en la electrónica del consumidor.
- Servicios interactivos.

CableLabs ha dividido sus esfuerzos y sus recursos en buscar respuestas a las preguntas de cómo mejorar el funcionamiento de sistemas existentes, planear y sacar provecho de los avances en tecnología importantes (tal como fibra óptica, transmisión digital, HDTV e Internet).

CableLabs no puede, por ley, crear estándares. En un estándar los procesos son a menudo tan lentos y discutibles, por lo que para un estándar formal podría tomar años, sin embargo, la industria del cable, ha defendido a veces la adopción de sus especificaciones como estándares internacionales.

El proceso de CableLabs ha incluido la determinación de tecnologías, definir especificaciones posibles del producto, la evaluación de los vendedores y los productos acabados.

El 3 de octubre 1996, CableLabs anunció un acuerdo para flujo de datos para el video digital y los datos de alta velocidad, incluyendo los protocolos video y audio, esquemas modulación y seguridad de la señal. Estas especificaciones de interfaz son conocidas como DOCSIS.

## **2.1 HISTORIA DEL CABLE**

Los sistemas de televisión por cable fueron desarrollados para cubrir las zonas donde no llegaba la transmisión de las televisoras locales. Estos sistemas se localizaron en poblaciones en donde la señal radiodifundida era pobre o no llegaba, ya fuera por problemas de orografía o simplemente por las mismas limitaciones físicas de la señal.

La primera aproximación para resolver este problema fue la instalación de sistemas conocidos como **Televisión por Antenas Comunes o Comunitarias** (CATV). En 1948, Ed Parson, originario de Astoria, Oregon en

Estados Unidos, construyó el primer sistema de CATV utilizando par de cobre trenzado para la transmisión. Para 1950, Bob Tarlton construyó otro sistema en Landsford, Pennsylvania en Estados Unidos, pero utilizando cable coaxial.

Simultáneamente a Bob Tarlton, Malarkey construyó el primer sistema de cable en Pottsville, Pennsylvania en Estados Unidos. Malarkey fue pionero en la organización y desarrolló la Asociación Nacional de Televisión Comunal, la cuál más tarde cambio de nombre a **Asociación Nacional de la Televisión por Cable** (NCTA).

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) determinó jurisdicción limitada en 1962, algunos estados también iniciaron controles bajo estructuras PUC (Comisión de utilitarias Publicas) pero, de todos modos, la regulación de los sistemas de televisión por cable (STVC) se mantuvo como asunto de jurisdicción local, siendo los pueblos, las ciudades y las poblaciones los otorgantes de privilegios individuales de franquicia que retenían la aprobación o reglamentación de las tarifas.

## **2.2 HISTORIA DE LA TELEVISION EN COLOMBIA**

El servicio público de televisión fue inaugurado en Colombia el 13 de junio de 1954 por el Presidente de la República, General Gustavo Rojas Pinilla, como un servicio del Estado.

En Colombia no existía ninguna reglamentación o normatividad acerca del servicio que prestara las empresas de televisión por cable conocidas en el lenguaje popular como “Parabólicas”, hasta que el Congreso de la República tramitó la Ley 182 de 1995.

"Por la cual se reglamenta el servicio de televisión y se formulan políticas para su desarrollo, se democratiza el acceso a éste, se conforma la Comisión Nacional de Televisión, se promueven la industria y actividades de televisión, se establecen normas para contratación de los servicios, se reestructuran entidades del sector y se dictan otras disposiciones en materia de telecomunicaciones".

En la ley 182 se da paso a la creación de la Comisión Nacional de Televisión, "ARTÍCULO 3o. NATURALEZA JURÍDICA, DENOMINACIÓN, DOMICILIO Y CONTROL POLÍTICO. El organismo al que se refieren los artículos 76 y 77 de la Constitución Política se denominará: Comisión Nacional de Televisión (CNTV). Dicha entidad es una persona jurídica de derecho público, con autonomía administrativa, patrimonial y técnica y con la independencia funcional necesaria para el cumplimiento de las atribuciones que le asignan la Constitución, la ley y sus estatutos"<sup>4</sup>.

Le corresponde a la CNTV, ejercer, en representación del Estado, la titularidad y reserva del servicio público de televisión, dirigir la política de televisión, desarrollar y ejecutar los planes y programas del Estado en relación con el servicio público de televisión de acuerdo con lo que determine la ley; regular el servicio de televisión; e intervenir, gestionar y controlar el uso del espectro electromagnético utilizado para la prestación de dicho servicio, con el fin de garantizar el pluralismo informativo, la competencia y la eficiencia en la prestación del servicio, y evitar las prácticas monopolísticas en su operación y explotación, en los términos de la Constitución y la ley.

En el año 1996 aparece la Ley 335<sup>5</sup>, que crea la televisión privada en Colombia y televisión por suscripción, se le fija un tiempo a la CNTV para

---

<sup>4</sup> [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1995/ley\\_0182\\_1995.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1995/ley_0182_1995.html)

<sup>5</sup> [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1996/ley\\_0335\\_1996.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1996/ley_0335_1996.html)

elaborar e implementar un plan de promoción y normalización del servicio de televisión por suscripción cableada a un plazo de cinco (5) años. Este plan contempla la creación de zonas en el territorio colombiano, lo cual determina el número de operadores posibles por cada una de ellas, quedando de la siguiente forma:

Esta división se toma en referencia según la población de acuerdo al censo del DANE del año 1993.

### **2.2.1 División Territorial Colombiana**

La división territorial se compone en 3 zonas:

**a) Zona norte:** Compuesta por los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Guajira, Magdalena, Sucre, San Andrés y Providencia.

**b) Zona central:** Compuesta por los departamentos de Amazonas, Arauca, Boyacá, Caquetá, Casanare, Cundinamarca, Guainía, Guaviare, Huila, Meta, Norte de Santander, Putumayo, Santander, Tolima, Vaupés, Vichada y el Distrito Capital de Santafé de Bogotá.

**c) Zona occidental:** Compuesta por los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Chocó, Nariño, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca.

#### **2.2.1.1 División Municipal o Distrital**

a) Se adjudicó una concesión en municipios cuya población sea inferior a un millón (1.000.000) de habitantes. Ejemplo: Neiva, Barrancabermeja, Cúcuta y Bucaramanga.

b) Se adjudicaron hasta dos concesiones en municipios o distritos cuya población esté comprendida entre un millón uno (1.000.001) y tres millones (3.000.000) de habitantes. Ejemplo: Barranquilla, Medellín y Cali.

c) Se adjudicaron hasta tres concesiones en municipios o distritos cuya población supere los tres millones (3.000.000) de habitantes. Ejemplo: Bogotá.

### **2.3 ACTUALIDAD NORMATIVA CNTV**

En la actualidad, la normativa que se expidió en un comienzo, año 1996 e implementada en el año 1998, no es acorde a las circunstancias actuales del mercado y de la tecnología existente, se determina por medio de un acuerdo hacer las modificaciones pertinentes.

Una de las razones, es la posibilidad de la entrada en vigencia del tratado de libre comercio con los Estados Unidos en el año 2011, en donde se puede materializar para el ingreso de la televisión por suscripción, esto debe generar medidas que tiendan a fortalecer a las compañías que en el momentan prestan el servicio de televisión por suscripción en el país.

La CNTV mediante el Acuerdo 010 de 2006<sup>6</sup> modificó el régimen del servicio de televisión por suscripción, permitiendo a los operadores tener cobertura nacional, previo cumplimiento de los requisitos definidos en la norma, dentro de los cuales está el Plan de Expansión de Cubrimiento que presente a la Comisión Nacional de Televisión, este acuerdo pone a disposición de los operadores de televisión por cable un ambiente abierto para sus planes de

---

<sup>6</sup> [http://www.cntv.org.co/cntv\\_bop/normatividad/acuerdos/2006/acuerdo\\_010.pdf](http://www.cntv.org.co/cntv_bop/normatividad/acuerdos/2006/acuerdo_010.pdf)

negocio, una de las condiciones es que deben seguir prestando el servicio en lugar donde inicialmente fue adjudicada la licencia o concesión.

El Decreto 2870<sup>7</sup> del 2007 reglamenta la convergencia de los servicios y redes en materia de Telecomunicaciones en Colombia. En este decreto se define la convergencia como la posibilidad tecnológica de provisión sobre múltiples redes, tanto de los servicios tradicionales de comunicaciones, así como de sus innovaciones en los campos de voz, datos, sonidos e imágenes.

---

<sup>7</sup> <http://www.mintic.gov.co/mincom/documents/portal/documents/root/Normatividad/Legislacion/D2870de2007.pdf>

### **3. COMPONENTES FUNCIONALES DE PACKETCABLE**

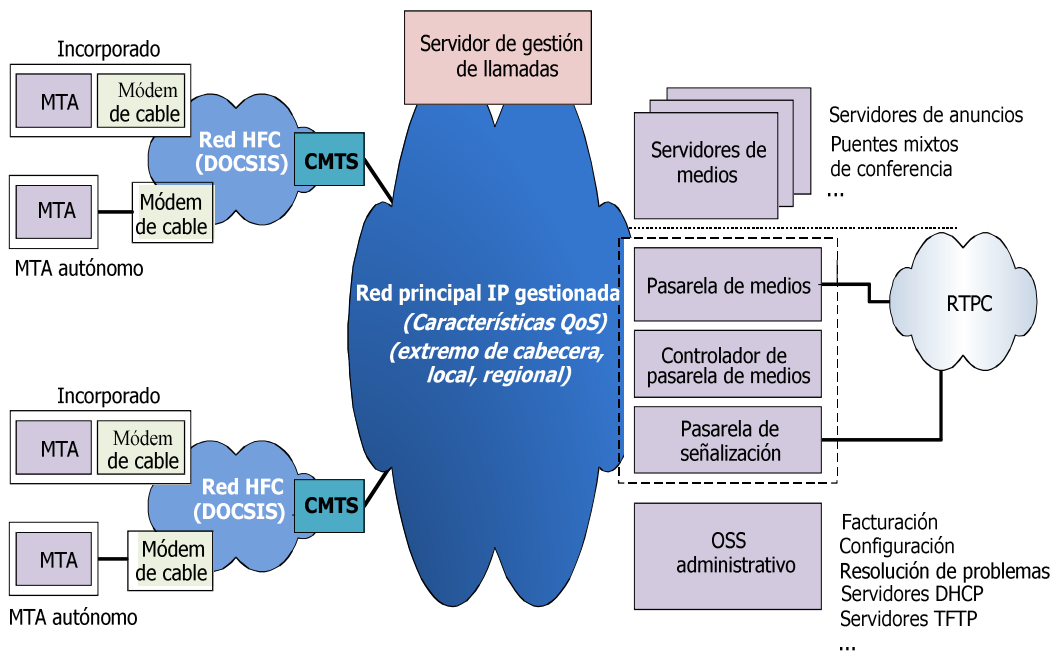
Para el análisis del presente trabajo, la base del análisis será la especificación 1.0, que es el primer trabajo de desarrollo en la implementación de los servicios de telefonía en las redes bidireccionales de televisión por cable. La pretensión en este capítulo es describir las funciones y características técnicas de cada uno de los componentes que intervienen en la arquitectura PacketCable.

La arquitectura de red está compuesta por elementos que se denominan de confianza y de no confianza; los elementos que se encuentran dentro de las instalaciones del operador, en este caso, el proveedor de servicios es llamado elementos de confianza, por ser administrados directamente por el administrador, y los equipos que son instalados en las sedes – casas – de los usuarios son denominados de no confianza por ser manipulados por los usuarios.

La arquitectura PacketCable está basada en tres grandes redes:

1. La red de acceso HFC
2. La red IP gestionada
3. La red Telefónica Pública Conmutada (RTPC)

La comunicación entre la red HFC y la red IP gestionada es gracias al sistema de terminación de cablemodems (CMTS) que permite la conectividad entre ellas; la pasarela de señalización (SG) y la pasarela de medios (MG) hacen posible la conectividad entre la red IP gestionada y la RTPC (Ver Figura 1).



**Figura 1.** Diagrama Funcional Especificación Packetcable.<sup>8</sup>

### 3.1 RED ACCESO HFC

La red de acceso HFC es un sistema híbrido de fibra óptica/cable coaxial (HFC), es la encargada de proporcionar el transporte de datos de alta velocidad, de una manera fiable y segura entre los extremos de la red pasando por la cabecera del cable, que sería como el corazón del sistema de comunicación, técnicamente conocida como Headend.

La red de acceso está compuesta de los elementos que se encuentran en el lado del usuario como son los cablemódems y/o los Mtas, estos a su vez están encadenados con la red HFC y terminan en el CMTS; estos tres elementos de la red de acceso trabajan en conjunto con el protocolo

<sup>8</sup> Fuente: Cablelabs /Architecture Framework Technical Report, pág 16.

DOCSIS, ésta interacción hace posible que el tren de medios atraviese la red y cumpla con la misión de la comunicación.

La red de acceso HFC emplea DOCSIS (Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable) como mecanismo de transporte para dar soporte al servicio multimedia en tiempo real. Para realizar el acceso, se emplea un dispositivo MTA en el sitio del usuario y un elemento activo y gestionable CMTS en la cabecera de la red de cable, éste último administra todas las conexiones y establece la comunicación entre la red de acceso y la red IP administrada.

El protocolo DOCSIS es una norma de estricto cumplimiento en las redes HFC DOCSIS, proporciona las especificaciones de los esquemas de modulación y así mismo el protocolo para intercambiar señales bidireccionales entre los dos componentes sobre el cable, como lo son el Cablemódems y el CMTS.

DOCSIS tiene varias evoluciones desde su aparición a finales de los años 1990, en la actualidad tenemos 4 versiones conocidas, la versión DOCSIS 1.0 ofrecía muy baja calidad de servicio en la transmisión de datos, un identificador y una clase de servicio para ambos enlaces, pero ello no era suficiente para manejar tráfico en tiempo real en determinados servicios de voz y video, como la telefonía.

En la versión DOCSIS 1.1 se mejora incorporando Calidad de Servicio (QoS) y autenticación, características necesarias para manejar servicios que requieran una entrega de datos en tiempo real y mayor seguridad; la versión mejorada fue DOCSIS 2.0, que pudo ofrecer mayores tasas de transmisión de datos en el canal ascendente y descendente, usando diferentes esquemas de modulación en estos canales.

La versión más reciente la conocemos como DOCSIS 3.0, trae 2 diferenciaciones de importancia con respecto a las versiones anteriores, una, que viene implementada con la capacidad para soportar 'IPV6' que es el protocolo de Internet de próxima generación dando la oportunidad de uso de direcciones de 128 bits que arroja un mayor número de direcciones IP disponibles, y segunda, el uso de un concepto llamado la 'unión de canales' que se refiere a que los datos se transmitirán desde y hacia los cabledemods utilizando múltiples canales de RF en vez de uno sólo.

En la Tabla 1 se pueden observar las diferencias de importancia en cada una de las versiones.

Especificacion / Versión	DOCSIS 1.0	DOCSIS 1.1	DOCSIS 2.0	DOCSIS 3.0
Paquetes de servicios		si	si	si
VoIP		si	si	si
Videoconferencia			si	si
Mbps/Canal Downstream	40	40	40	Mínimo 160
Mbps/Canal Return	10	10	30	Mínimo 60

**Tabla 1** – Evolución versiones DOCSIS.<sup>9</sup>

Los sistemas de cable fueron diseñados originalmente para proporcionar señales de televisión de difusión a los hogares del suscriptor. Los sistemas normales del cable coaxial funcionan aproximadamente a 550MHz, pero el funcionamiento de cables modernos de HCF es de 870MHz y en ocasiones a 1GHz. Cada canal de televisión ocupa un ancho de banda de 6MHz del espectro de radio frecuencia RF; así, los viejos sistemas pueden manejar 60 canales. Los nuevos sistemas pueden manejar hasta 750MHz de ancho de banda y de 110 canales o más.

---

<sup>9</sup> Fuente: Los autores.

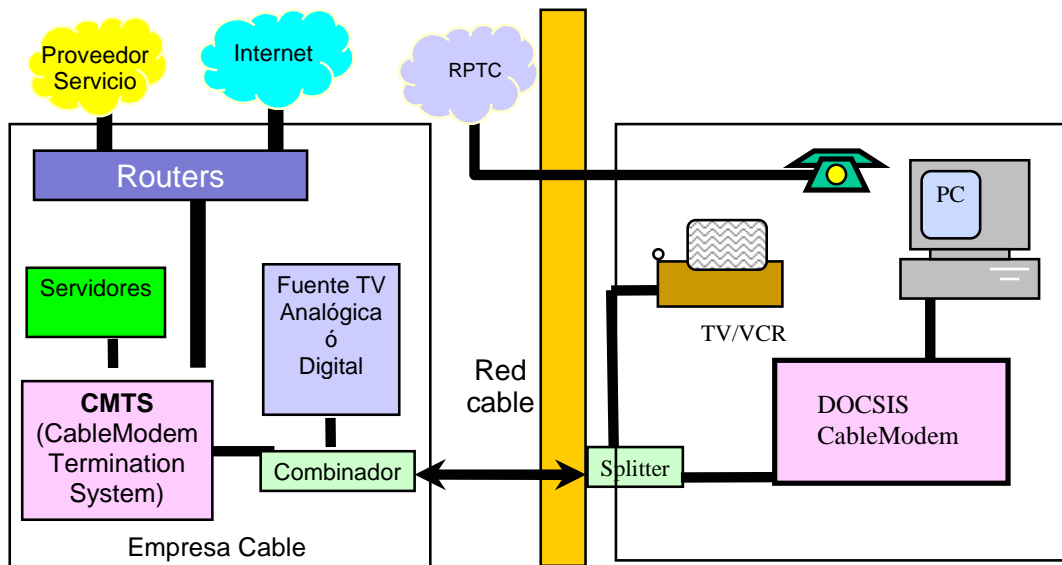
La versión DOCSIS 1.1 será tomada para análisis y entendimiento del presente trabajo, para ello se centraliza en la especificación que hace referencia a la interface de RF<sup>10</sup> y de las condiciones técnicas mínimas para su funcionamiento.

En la especificación se mencionan dos canales de comunicación, Downstream, que significa la comunicación que existe entre la compañía de cable, es decir, los datos que van desde el CMTS al Cabledem, y el canal Upstream, que viene a ser la comunicación entre el usuario y la compañía (cabledem – Cmts), aquí se fundamenta la especificación, pues da parámetros y condiciones necesarias para su buen funcionamiento.

El canal downstream tiene un ancho de banda de 6MHz y puede estar ubicado en cualquier parte de la banda entre 300MHz y 870MHz en un sistema de televisión NTSC, el canal Upstream tiene un ancho de banda de 6MHz y puede estar ubicado en cualquier parte de la banda de 5MHz a 42MHz, haciendo la salvedad que se debe ubicar en el espectro de menor presencia de señales indeseadas (ruido), pues es en el canal Upstream donde se tiene la mayor cantidad de inconvenientes.

---

<sup>10</sup> <http://cablelabs.com/specifications/CM-SP-RF1v1.1-C01-050907.pdf>



**Figura 2.** Proceso comunicación protocolo DOCSIS.<sup>11</sup>

Como se puede apreciar en la Figura 2, el CMTS recibe la información proveniente de los cablemódems (CM) y según sea la petición redirecciona y ejecuta; del lado del CMTS están los puertos de acceso a Internet y el puerto para los servidores de configuración como lo son el DHCP, TOD, TFTP.

1. **Servidor DHCP** (Protocolo de Configuración Dinámica de Anfitrión): Asigna de manera dinámica las direcciones IP entre los cablemódems.
2. **Servidor TFTP** (Protocolo Trivial de Transferencia de Archivos): Habilita la transferencia del archivo de configuración al cablemodem y la descarga de actualizaciones de software.
3. **Servidor TOD** (Hora del Día): Establece marcas de tiempo para elaborar historiales y eventos en la red.

Las modulaciones en ambos canales son diferentes, en el canal de Downstream se emplea 64QAM ó 256QAM, y en el canal de retorno se maneja 16QAM ó QPSK, el empleo de las modulaciones depende del estado

<sup>11</sup> Fuente: Los autores.

de la red, del nivel de ruido que pueda tener, el cual es medido con el parámetro CNR ( Carrier to Noise Ratio).

En las Tablas 2 y 3 se pueden visualizar las condiciones técnicas de red, que deben cumplir el canal de retorno (Upstream) y el canal de directa (Downstream) para el correcto funcionamiento de la transferencia de información.

Parámetro	Valor
Rango de Frecuencias	91 MHz a 857 MHz pero los valores de esta tabla aplican a frecuencias => a 88 MHz
Espaciamiento de canal RF (ancho de banda diseñado)	6 MHz
Retardo de tránsito desde la Cabecera hasta el cliente más distante	<= 0.800 msec (típicamente mucho menos)
Relación de portadora a ruido (SNR) en una banda de 6 MHz (nivel de video analógico)	No menor a 35 dB
Relación de portadora a interferencia para el total de la potencia (señales discretas y de ingreso de banda ancha)	No menor a 35 dB en la banda diseñada
Distorsión compuesta de triple batida (CTB)	No mayor a -50 dB en la banda diseñada
Distorsión de composición de segundo orden (CSO)	No mayor a -50 dB en la banda diseñada
Modulación cruzada o co-canal	No mayor a -40 dBc en la banda diseñada
amplitud de ondulación	0.5 dB en la banda diseñada
Ondulación de retardo de grupo en el espectro ocupado por el CMTS	75 ns en la banda diseñada
Límite de micro-reflexiones para eco dominante	-10 dBc @ <= 0.5 microseg, -15 dBc @ <= 1.0 microseg -20 dBc @ <= 1.5 microseg, -30 dBc @ > 1.5 microseg
Modulación de zumbido de portadora	No mayor a -26 dBc (5%)
ruido de rafaga	No mayor a 25 microseg a 10 Hz
Variación de nivel de señal diurna y de temporada	8 dB
Cuesta de nivel de señal, 50 MHz - 750 MHz	16 dB
Nivel máximo de portadora de video analógica a la entrada del CM	17 dBmV
Nivel mínimo de portadora de video analógica a la entrada del CM	-5 dBmV

**Tabla 2.** Requerimientos Mínimos para la banda Upstream.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Fuente: ANSI/SCTE 23-1 2005, Data-Over-Cable Service Interface Specification DOCSIS 1.1 Radio Frequency

Parámetro	Valor
Rango de Frecuencias	5 a 42 MHz borde a borde
Retardo de tránsito desde el CM más distante al CM o CMTS más cercano	$\leq 0.800$ msec (típicamente mucho menos)
Relación de portadora a ruido (SNR)	No menor a 25 dB
Relación de portadora a potencia de ingreso	No menor a 25 dB
Relación de portadora a interferencia	No menor a 25 dB en la banda diseñada
amplitud de ondulación 5 - 42 MHz	0.5 dB/MHz
Ondulación de retardo de grupo 5 - 42 MHz:	200 ns
Límite de micro-reflexiones para eco dominante	-10 dBc @ $\leq 0.5$ microseg, -15 dBc @ $\leq 1.0$ microseg
	-20 dBc @ $\leq 1.5$ microseg, -30 dBc @ $> 1.5$ microseg
Modulación de zumbido de portadora	No mayor a -23 dBc (7%)
ruido de ráfaga	No mayor a 25 microseg a 10 Hz
Variación de nivel de señal diurna y de temporada	No mayor a 8 dB

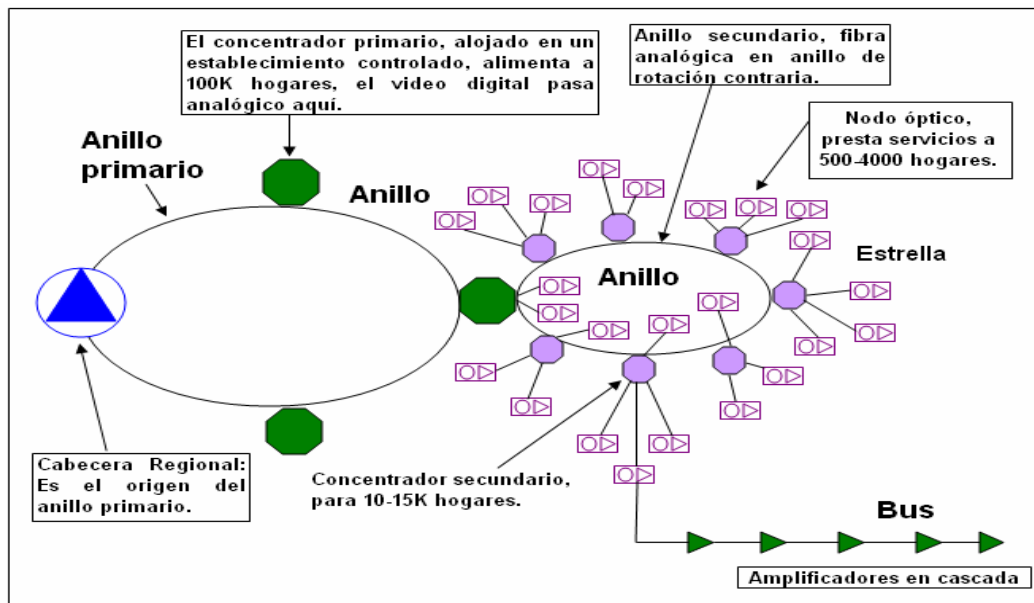
**Tabla 3.** Requerimientos Mínimos para la banda Downstream.<sup>13</sup>

### 3.1.1 Topologías de la red

El diseño de una red puede tomar cualquier variación (combinación) de topologías, definida por las necesidades y proyecciones de un sistema específico. A continuación se describe el principio de topología para el diseño de redes avanzadas de comunicaciones por cable (Figura 3).

---

<sup>13</sup> Fuente: ANSI/SCTE 23–1 2005, Data-Over-Cable Service Interface Specification DOCSIS 1.1 Radio Frequency



**Figura 3.** Topologías de la Red.<sup>14</sup>

La cabecera regional se ubica en un sitio estratégico para lograr la mayor cobertura, será el origen de un anillo primario, el cual conserva los principios de redundancia, estos puntos de convergencia en fibra también son denominados HUB.

Los Hubs son los encargados de la distribución de las fibras a sectores localizados para ofrecer el servicio, es aquí donde se emplea el principio de transmisión mediante una topología en estrella.

La división en estrella definirá las rutas de transmisión mediante fibra óptica con una ventana de 1310nm, con una cobertura inicial de un número determinado de casas pasadas por nodo; ésta cobertura por ejemplo puede estar comprendida en cantidades de 2000, 4000 ú 8000 casas pasadas, éste número está determinado por los siguientes factores:

<sup>14</sup> Fuente: <http://www.angelfire.com/nt/massmedia/>

- El tipo de servicio a prestar con una calidad de servicio asociado.
- Según la densidad del área de cubrimiento.
- La capacidad en la capilaridad de fibra se hace pensando en un futuro poder hacer segmentación de los nodos en factores de 50% y 25%, ésto quiere decir, que un nodo de 2000 casas pasadas, luego puede ser dos nodos de 1000 casas ó cuatro nodos de 500 casas.

Por último, se puede utilizar el principio de topología en Bus, el cual se acomoda claramente a las necesidades de cascada de amplificadores de distribución de banda ancha.

### **3.1.2 Estructura de la red**

La planeación de un sistema de comunicaciones por cable requiere considerar varios factores. La densidad del sistema, capacidad bi-direccional, eficiencia de los costos y flexibilidad para servicios futuros, son igualmente importantes para proveer una satisfacción a largo plazo del operador de la red y obtener una operación productiva. Una arquitectura con un sistema flexible es fundamental para proveer una instalación inicial eficiente de la infraestructura de la red. La flexibilidad de la red asegura la operación eficiente continuada de la red y provee un sendero migratorio para servicios interactivos ampliados con un mínimo de molestias a los suscriptores.

Una red HFC es el tipo de red que combina en su configuración física el uso de la fibra óptica y el cable coaxial. Este tipo de redes representa la evolución natural de las redes tradicionales de televisión por cable (CATV) a redes avanzadas.

Red Híbrida de Fibra y Coaxial es un nombre genérico que describe un número infinito de conceptos de diseño coaxial / óptico. Básicamente, cualquier variación de diseño que utilice fibras ópticas y cable coaxial puede portar sus siglas como título. Este “árbol de la familia HFC” comienza con un concepto de diseño de Troncal Principal de Fibra y probablemente termina con fibra hasta el hogar.

### **3.1.3 Conformación de la red HFC**

Una red HFC avanzada está compuesta básicamente por:

1. Una cabecera de red.
2. Línea troncal.
3. Línea de distribución.
4. La acometida en predios del abonado.

#### **3.1.3.1 Cabecera (Headend)**

La cabecera es el centro electrónico que controla todo el sistema. Está compuesto de una serie de antenas TVRO que reciben los canales de TV y radio de diferentes sistemas de distribución (satélite, microondas,...), así como de enlaces con otras cabeceras o estudios de televisión y con redes de otro tipo que aporten información susceptible de ser distribuída a los abonados a través del sistema de cable. Las redes CATV originalmente fueron diseñadas para la distribución unidireccional de señales de TV, por lo que la cabecera era simplemente un centro que recogía las señales de TV y las adaptaba a su transmisión por medio del cable. Actualmente, las

cabeceras han aumentado considerablemente en complejidad para satisfacer las nuevas demandas de servicios interactivos y de datos a alta velocidad.

### 3.1.3.2 Línea Troncal

La línea troncal es la encargada de repartir la señal compuesta generada por la cabecera a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable. El primer paso en la evolución de las redes tradicionales todo-coaxial de CATV hacia las redes de telecomunicaciones por cable HFC consistió en sustituir las largas cascadas de amplificadores y el cable coaxial de la red troncal por enlaces punto a punto de fibra óptica. Posteriormente, la penetración de la fibra en la red de cable ha ido en aumento, y la red troncal se ha convertido, por ejemplo, en una estructura con anillos redundantes que unen nodos ópticos entre sí (Figura 4).

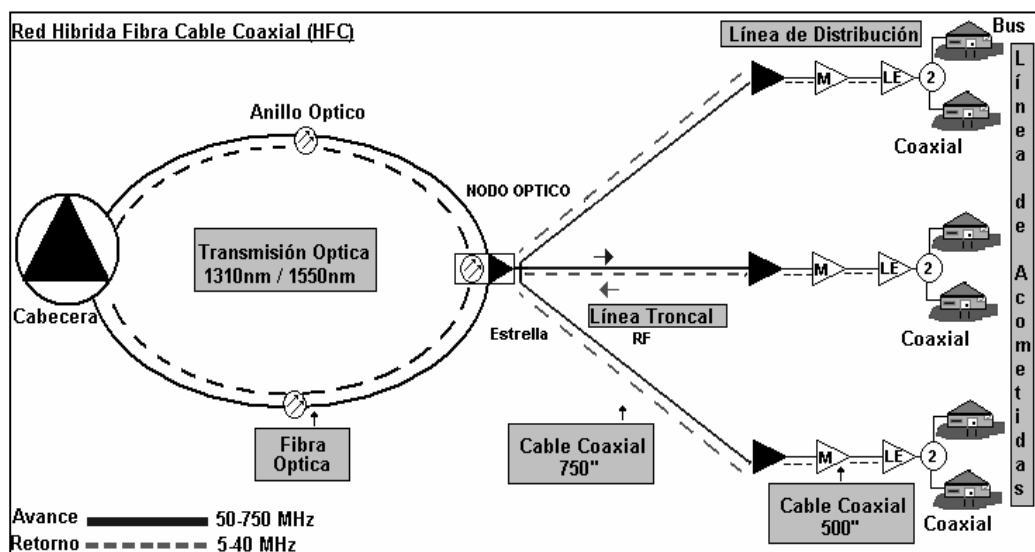
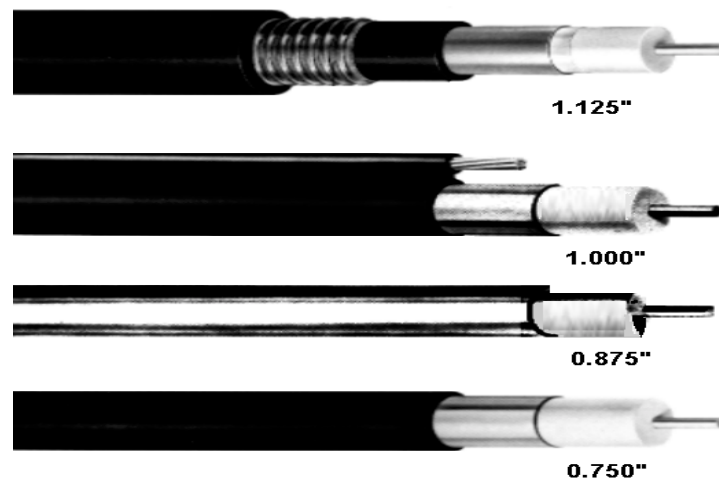


Figura 4. Línea Troncal.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Fuente : <http://www.angelfire.com/nt/massmedia/>

Esta es la línea principal de un sistema de distribución CATV. Los tamaños del cable que se utilizan para troncal son: 1.125", 1.000", 0.875" y 0.750" como se observan en la Figura 5.



**Figura 5.** Cable Coaxial Troncal o Expreso.<sup>16</sup>

El cable troncal o expreso es el encargado de transportar las señales del nodo óptico a los amplificadores de las líneas de distribución.

### **3.1.3.3 Línea Distribución**

La línea de distribución final puede estar compuesta por una estructura tipo estrella-bus de coaxial que lleva las señales descendentes hasta la última derivación antes del hogar del abonado.

El cable de distribución o alimentador es el encargado de transportar las señales de la línea troncal al área del suscriptor. Esta es la línea secundaria de un sistema de distribución CATV. Los tamaños del cable que se utilizan para distribución son: 0.715", 0.625" y 0.500" (Ver Figura 6).

---

<sup>16</sup> Fuente: Manual técnico Cables Coaxiales Comscope.



**Figura 6.** Cable Coaxial de Distribución.<sup>17</sup>

### 3.1.3.4 Componentes Línea de distribución

#### 3.1.3.4.1 Derivadores de Señal (Taps)

Los derivadores son dispositivos acopladores direccionales que proporcionan señales para transporte mediante cable de bajada a las instalaciones del cliente. Los derivadores pueden configurarse con dos, cuatro y ocho puertos.

Para proporcionar señales en las instalaciones de usuarios se utiliza un acoplador direccional conocido como derivador (TAP). A medida que se acopla una porción de la señal, se produce una pérdida de acoplamiento o de inserción en las señales del cable coaxial.

La pérdida de inserción aumenta con el número de puertos disponibles (divisiones múltiples) y aumenta a medida que disminuyen los valores del derivador (placa frontal).

---

<sup>17</sup> Fuente: Manual técnico Cables Coaxiales Comscope.

**Ejemplo:** Cuando hay una señal de entrada de 45,0 dBmV disponible en la entrada del derivador, se producen 4 salidas de 19,0 dBmV. El valor de la placa frontal es una aproximación del valor del acoplador en dB de pérdida (26). Entonces se tiene  $45 - 26 = 19$ .

Para calcular los valores en el derivador se utilizará como referencia la serie de Taps Motorola FFT-P. Las tablas 4, 5 y 6 muestran las especificaciones de pérdidas de señal en dispositivos de 2, 4 y 8 puertos respectivamente (Ver Figuras 7, 8 y 9).



**Figura 7.** Derivador de 2 puertos.<sup>18</sup>

Loss (dB)	Especificación del Derivador de 2 vías, 5 a 1000MHz								
	Nom. Tap Value	5 MHz	10 MHz	50 MHz	450 MHz	550 MHz	750 MHz	870 MHz	1000 MHz
FFT2	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-
FFT2-7P	7,5	3,4	3,3	3,3	3,9	4,2	4,3	4,5	4,7
FFT2-10P	10,5	1,7	1,3	1,3	1,8	1,8	2,2	2,5	3,2
FFT2-12P	12,0	1,4	1,1	1,0	1,5	1,6	1,9	1,4	2,7
FFT2-14P	14,0	1,1	0,9	0,9	1,3	1,3	1,6	1,9	2,2
FFT2-17P	17,0	1,0	0,9	0,8	1,2	1,2	1,5	1,7	2,0
FFT2-20P	20,0	0,6	0,5	0,5	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9
FFT2-23P	23,0	0,3	0,3	0,3	0,8	0,9	1,3	1,4	1,8
FFT2-26P	26,0	0,3	0,3	0,3	0,9	0,9	1,3	1,4	1,8
FFT2-29P	29,0	0,3	0,3	0,3	0,8	0,9	1,3	1,4	1,8

**Tabla 4.** Derivador de 2 puertos – FFT2-P.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Fuente: Manual técnico Componentes CATV Motorola.

<sup>19</sup> Fuente: Tabla de perdidas de la compañía Motorola.



**Figura 8.** Derivador de 4 puertos.<sup>20</sup>

Loss (dB)	Especificación del Derivador de 4 vías, 5 a 1000MHz								
	Nom. Tap Value	5 MHz	10 MHz	50 MHz	450 MHz	550 MHz	750 MHz	870 MHz	1000 MHz
FFT4-7TP	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-
FFT4-10P	10,3	3,3	3,3	3,3	4,0	4,1	4,3	4,5	4,2
FFT4-14P	14,4	1,6	1,3	1,3	1,9	1,9	2,4	2,6	3,2
FFT4-15.5P	15,5	1,3	1,1	1,0	1,5	1,5	1,9	2,3	2,9
FFT4-17P	17,0	1,1	0,9	1,0	1,4	1,3	1,7	2,1	2,6
FFT4-20P	20,0	0,8	0,7	0,8	1,4	1,2	1,6	1,8	2,1
FFT4-23P	23,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,2	1,6	1,9
FFT4-26P	26,0	0,3	0,3	0,3	0,8	0,9	1,3	1,4	1,9
FFT4-29P	29,0	0,3	0,3	0,3	0,9	0,9	1,3	1,4	1,9

**Tabla 5.** Derivador de 4 puertos FFT4 –P.<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Fuente: Manual técnico Componentes CATV Motorola.

<sup>21</sup> Fuente: Tabla de pérdidas de la compañía Motorola.



**Figura 9.** Derivador de 8 puertos.<sup>22</sup>

Loss (dB)	Especificacion del Derivador de 8 vias, 5 a 1000MHz								
	Nom. Tap Value	5 MHz	10 MHz	50 MHz	450 MHz	550 MHz	750 MHz	870 MHz	1000 MHz
FFT8-10TP	10,4	-	-	-	-	-	-	-	-
FFT8-14P	14,2	3,9	3,4	3,3	3,9	4,0	4,4	4,6	5,0
FFT8-17P	17,8	1,8	1,8	1,6	2,1	2,3	2,7	2,8	3,5
FFT8-20P	20,0	1,2	1,0	0,8	1,3	1,5	1,9	2,1	2,6
FFT8-23P	22,5	1,0	0,9	0,8	1,2	1,2	1,5	1,7	2,1
FFT8-26P	26,1	0,6	0,5	0,4	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
FFT8-29P	29,2	0,3	0,3	0,3	0,7	0,9	1,2	1,4	1,9

**Tabla 6.** Derivador de 8 puertos – FFT8.<sup>23</sup>

### 3.1.3.4.2 Ecuilibradores de Línea

Este equipo atenúa las señales de baja frecuencia más que las de alta frecuencia. Compensa las características exactamente opuestas de atenuación propias del cable coaxial. Los ecualizadores que se utilizan en diseño de redes CATV pueden ser de línea o insertables en equipos de amplificación (Figura 10).

<sup>22</sup> Fuente: Manual técnico Componentes CATV Motorola.

<sup>23</sup> Fuente: Tabla de pérdidas de la compañía Motorola.



**Figura 10.** Ecuador de Línea.<sup>24</sup>

Para calcular los valores de pérdida en un ecualizador se utilizará como referencia la serie FFE-8-100S (Tabla 7).

<b>MODEL FFE-8-100S/RP-R</b>
<b>PASSBAND</b>
<b>Return</b> 5-40 MHz
<b>Forward</b> 52-1003 MHz
<b>MAXIMUM INSERTION LOSS</b>
<b>5 MHz</b> 0.8 dB
<b>40 / 42 MHz</b> 1.2 dB
<b>52 / 54 MHz</b> 8.5 dB
<b>550 MHz</b> 4.0 dB
<b>750 MHz</b> 2.7 dB
<b>870 MHz</b> 2.4 dB
<b>1003 MHz</b> 2.0 dB
<b>RETURN FLATNESS</b> ±0.25
<b>FORWARD FLATNESS</b> ±0.5
<b>RETURN LOSS (max) (5 MHz - Fmaxrtn MHz)</b> 17 dB
<b>RETURN LOSS (max) (Fminfwd MHz - 870 MHz)</b> 17 dB
<b>RETURN LOSS (max) (870 MHz - 1 GHz)</b> 16 dB
<b>MAXIMUM CURRENT</b> 12 A, continuous
<b>HUM MODULATION @ MAX CURRENT</b>
<b>Forward (Fmin - 870 MHz)</b> -70 dB
<b>Forward (870 MHz - 1 GHz)</b> -60 dB
<b>Return</b> -60 dB

**Tabla 7.** Especificaciones del Ecuador FFE-8-100S.<sup>25</sup>

<sup>24</sup> Fuente: Manual técnico Componentes CATV Motorola.

<sup>25</sup> Fuente: Tabla de pérdidas de la compañía Motorola.

### 3.1.3.4.3 Acopladores Direccionales

Equipo utilizado en redes de televisión por cable, que bien divide una señal de radiofrecuencia de entrada en dos señales de salida no uniformes, ó acopla (combina) señales desde sus “salidas” en una señal de entrada. (Figura 11).



Figura 11. Acoplador Direccional.<sup>26</sup>

Para consideraciones de diseño, a veces se considera que los acopladores direccionales y los divisores tienen una pérdida uniforme en todo el ancho de la banda (Ver Tabla 8).

Insertion Loss (dB)	5 MHz	10 MHz	50 MHz	450 MHz	550 MHz	750 MHz	860 MHz	1000 MHz
SSP-PIN / SSP-PIN/SP	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	1,1
SSP-3N	4,2	3,9	3,8	4,3	4,4	4,6	4,9	5,5
	4,2	3,9	3,8	4,3	4,4	4,6	4,9	5,5
SSP-7N	2,3	2,0	1,9	2,4	2,6	3,0	3,4	4,2
	7,5	7,5	7,5	7,5	7,8	8,1	8,4	8,6
SSP-9N	1,8	1,5	1,4	1,8	2,0	2,2	2,5	3,0
	9,5	9,3	9,4	9,2	9,3	9,5	9,9	10,3
SSP-12N	1,4	1,2	1,2	1,5	1,6	1,8	2,0	2,4
	12,0	11,6	11,6	11,7	11,8	12,2	12,7	13,5
SSP-16N	1,2	1,1	1,1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,4
	16,1	15,7	15,7	15,6	15,8	16,2	16,8	17,2
SSP-3-636N	7,5	7,2	7,2	7,8	7,9	8,3	8,9	10,0
	7,5	7,2	7,2	7,5	7,6	8,0	8,6	10,0
	4,2	3,8	3,8	4,2	4,3	4,7	5,1	5,8

Tabla 8. Especificaciones de Acopladores Direccionales.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Fuente: Manual técnico Componentes CATV Motorola.

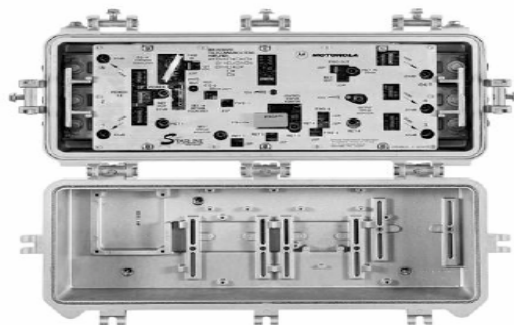
<sup>27</sup> Fuente: Tabla de pérdidas de la compañía Motorola

### 3.1.3.5 Amplificadores

Los amplificadores se utilizan para mantener ganancia unitaria en todo el sistema de distribución de la red. Esta compensación contra las pérdidas en la transmisión ocurre cuando los niveles de señal llegan a valores inferiores al valor nominal predeterminado para mantener el buen funcionamiento de la red.

En sistemas de televisión por cable se destacan cuatro tipos de amplificadores que se mencionan a continuación:

- **Amplificador Troncal (Trunk):** Utilizado en las líneas de alimentación troncal, posee 4 salidas plenas de potencia en RF (Figura 12).



**Figura 12.** Amplificador Troncal.<sup>28</sup>

- **Amplificador de Distribución (Mini-Bridger):** Utilizado en líneas de distribución, viene en configuraciones de 2 ó 3 salidas de RF (Figura 13).

---

<sup>28</sup> Fuente: Manual técnico Componentes CATV Motorola.



**Figura 13.** Amplificador Distribución.<sup>29</sup>

- **Amplificador de Línea (Line Extender):** Su nombre lo indica, es un extensor de línea, solo tiene una salida amplificada de RF (Figura 14).



**Figura 14.** Amplificador extensor de Línea.<sup>30</sup>

- **Amplificador Domiciliario:** Usado en las alimentaciones a edificios, tiene una entrada de 110v y sólo una salida de RF (Figura 15).



**Figura 15.** Amplificador Domiciliario.<sup>31</sup>

<sup>29</sup> Fuente: Manual técnico Componentes CATV Motorola.

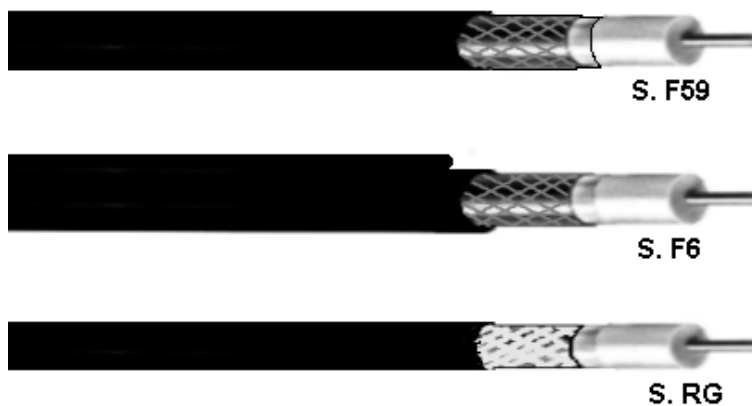
<sup>30</sup> Fuente: Manual técnico Componentes CATV Motorola.

<sup>31</sup> Fuente: Manual técnico Componentes CATV Motorola.

### 3.1.3.6 Acometida al abonado

La acometida a los hogares de los abonados es, sencillamente, la instalación interna dentro del hogar o edificio, el último tramo antes de la base de conexión. Una red moderna HFC con capacidad para comunicaciones bidireccionales (directo – retorno) puede ofrecer una gran variedad de servicios de telecomunicación. El diseño de un sistema de cable requiere un conocimiento detallado de las aplicaciones y servicios que deberá soportar, si estos servicios no se presupuestan, se puede afirmar que el sistema estará limitado desde un comienzo. Siempre se debe tener presente en el diseño de redes CATV, que las aplicaciones evolucionan día a día, de manera que no podemos prever los posibles cambios.

Con ésta línea se completa un sistema de distribución CATV. Actualmente los tipos que se utilizan para acometida son: serie F59, serie F6 y serie RG (Ver Figura 16).



**Figura 16.** Cable Coaxial de Acometida (Drop).<sup>32</sup>

**3.1.4 Medios de transmisión:** Los medios de transmisión a utilizar son el cable coaxial y la fibra óptica.

<sup>32</sup> Fuente: Manual técnico Cables Coaxiales Comscope.

### 3.1.4.1 Cable Coaxial

Este medio de transporte de señales, se define como un alambre de cobre o de aluminio con un baño de cobre que a su vez está revestido por un material dieléctrico. Esta capa dieléctrica (aislante) está cubierta por un blindaje cilíndrico hueco compuesto de pequeños hilos de cobre trenzado o bien de una envoltura de aluminio sin soldaduras revestida de una funda exterior, como se muestra en la Figura 17.

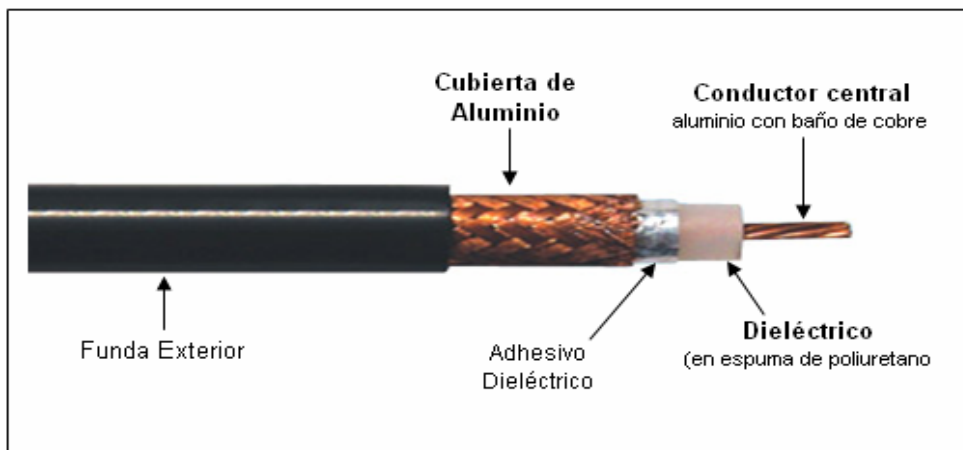


Figura 17. Cable Coaxial.<sup>33</sup>

#### 3.1.4.1.1 Características del cable

##### 3.1.4.1.1.1 Impedancia Característica (Ohm)

Es la relación tensión aplicada/corriente absorbida por un cable coaxial de longitud infinita. De esto se desprende que para un cable coaxial de longitud real, conectado a una impedancia exactamente igual a la característica, el valor de la impedancia de la línea permanece igual al de la impedancia

<sup>33</sup> Fuente: Manual técnico Cables Coaxiales Comscope.

característica. Los valores nominales para los cables coaxiales son 50, 75 y 93 ohms. En CATV sólo se utilizan de 75 ohm.

#### **3.1.4.1.1.2 Atenuación**

La pérdida del cable coaxial está definida por las características de fabricación, temperatura ambiente y longitud de cable a tender. Los principales proveedores de cable tienen predefinidas tablas que muestran la pérdida en el cable según la distancia y diámetro del cable. Además de lo anterior el diseñador debe tener en cuenta que:

- La pérdida en el cable coaxial fluctúa con la temperatura.
- El “efecto superficial” causa que la pérdida de señal en un cable coaxial sea mayor a medida que aumenta la frecuencia de la señal.
- La pérdida en el cable coaxial fluctúa con la distancia a cubrir.
- A mayor frecuencia, mayor pérdida.
- A mayor diámetro del cable coaxial, menor pérdida.

Por lo general, los fabricantes de cable coaxial incluyen en los catálogos las tablas de pérdida por atenuación de todos los tipos de cable.

En la Tabla 9 se puede observar la pérdida máxima del cable en dB por cada 100 metros, para cables troncales y de distribución a Temperatura 20°C.

Pérdida máxima del cable en dB por cada 100 metros para cables troncales				
Frecuencia en MHz	Serie 540	Serie 715	Serie 860	Serie 1125
5	0,46	0,36	0,30	0,23
30	1,15	0,89	0,79	0,56
50	1,44	1,15	1,02	0,72
108	2,20	1,67	1,51	1,12
181	2,89	2,23	1,94	1,48
220	3,22	2,49	2,13	1,64
300	3,74	2,92	2,49	1,97
350	4,03	3,18	2,72	2,13
400	4,36	3,44	2,89	2,30
450	4,63	3,67	3,12	2,46
550	5,18	4,13	3,48	2,76
600	5,45	4,33	3,61	2,95
750	6,1	4,92	4,07	3,51
865	6,56	5,38	4,36	3,84
1000	7,12	5,84	4,72	4,20
	RESISTENCIA DEL BUCLE A 68°F (20°C) (OHMIOS / 0,304 km.)			
CA	5,28	3,27	2,37	1,38
SC				

**Tabla 9.** Pérdida máxima del Cable Troncal.<sup>34</sup>

En la Tabla 10 se puede observar la pérdida máxima del cable en dB por cada 100 metros, para cable de acometida a Temperatura a 20°C.

<sup>34</sup> Fuente: Tabla de pérdidas de la compañía Comscope.

Pérdida máxima del cable en dB por cada 100 metros para cable de acometida				
Frecuencia en MHz	Serie 59 de Espuma	Serie 6 de Espuma	Serie 7 de Espuma	Serie 11 de Espuma
5	3,28	1,90	1,35	0,95
55	6,73	5,25	4,10	3,15
83	8,04	6,4	4,92	3,87
187	11,81	9,35	7,28	5,74
211	12,47	10,00	7,74	6,23
250	13,45	10,82	8,40	6,72
300	14,6	11,64	9,25	7,38
350	15,75	12,63	10,01	7,87
400	16,73	13,61	10,66	8,53
450	17,72	14,43	11,29	9,02
500	18,70	15,29	11,88	9,51
550	19,52	16,08	12,53	9,97
600	20,34	16,73	13,12	10,43
750	22,87	18,54	14,99	11,98
865	24,67	20,01	16,18	13,06
1000	26,64	21,49	17,45	14,27

**Tabla 10.** Pérdida máxima del Cable de Acometida.<sup>35</sup>

#### 3.1.4.1.1.3 Pérdidas de retorno estructural (dB/100m) (Structural Return Loss - SRL)

Son las pérdidas por retorno ocasionadas por no-uniformidad en la construcción (variación de los parámetros dimensionales) y en los materiales empleados, que produciendo una localizada variación de impedancia, provocan un "rebote" de la señal con la consiguiente inversión parcial de la misma.

<sup>35</sup> Fuente: Tabla de perdidas de la compañía Comscope.

#### **3.1.4.1.1.4 Velocidad de propagación (%)**

Es la relación expresada en porcentaje, entre la velocidad de propagación de la señal en el cable y la velocidad de propagación de la luz. Varía con el tipo de material aislante.

Algunas de las características que este medio de transporte ofrece para un sistema de televisión por cable son:

- Impedancia de 75 Ohmios para obtener el máximo voltaje de transmisión.
- Ancho de banda de 5MHz a 1.000MHz.
- Atenuación que aumenta con la frecuencia y longitud.
- Pérdida de retorno estructural.
- Cable Troncal y de Distribución  $\geq -30$  dBc.
- Cables de Acometida  $\geq -20$  dBc.
- Resistencia del bucle para los cables troncales y de distribución (habilidad de portar energía).
- Eficiencia del blindaje.

#### **3.1.4.2 Fibra Óptica**

##### **3.1.4.2.1 Historia**

Hacia 1880, Bell construyó un dispositivo llamado fotófono, que enviaba señales vocales a corta distancia por medio de la luz. El equipo disponía de un sistema de lentes que enfocaban un rayo de luz solar, modulándolo y enviándolo después al espacio libre hacia un receptor. Conceptualmente, era correcto; sin embargo, su aplicación no fue posible, tanto por la falta de fuentes adecuadas como un medio de propagación de bajas pérdidas, y la idea se abonó.

En 1958, apareció un método para la producción de radiaciones electromagnéticas en las longitudes de onda del espectro visible, utilizando los estados energéticos de los átomos para producir, mediante cambios simultáneos de sus niveles, radiaciones electromagnéticas controladas.

El aparato utilizado se llamó LASER (Light Amplification By Stimulated Emission of Radiation); las fuentes luminosas habituales (Tungsteno, lámparas fluorescentes) producen un espectro compuesto por una banda ancha de señales con distintas frecuencias y fases, así como diferentes amplitudes y polarizaciones (luz no coherente).

El láser se caracteriza por ser un generador de luz monocromática –ondas de la misma frecuencia y en fase – constituyendo su salida un haz de luz coherente, además la trayectoria de los rayos emergentes del láser resulta paralela, lo que permite concentrar una alta cantidad de energía en superficies reducidas.

Con la invención del láser como fuente de luz coherente, volvió a considerarse la idea de utilizar aquella como soporte de comunicaciones y sistema alternativo o sustitutivo de los existentes, formulando al mismo tiempo los conceptos sobre transmisión por guía-ondas de vidrio.

#### **3.1.4.2.2 Propiedades de la Fibra Óptica**

- La fibra óptica presenta un GRAN ANCHO DE BANDA, lo que supone más información por conductor que con los medios convencionales.
- LA ATENUACIÓN QUE PRESENTA LA FIBRA ES INDEPENDIENTE DE LA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN, a la que se esté explotando, lo cual

no ocurre en los cables convencionales, porque en ellos es tanto mayor la atenuación como mayor sea la velocidad de transmisión (Mb/s), sin embargo, presenta cierta atenuación, en función de sus características físicas, es variable con la longitud de onda de la señal que la atraviesa.

- La fibra es INMUNE AL RUIDO Y LAS INTERFERENCIAS por ser un medio dieléctrico, sobre todo cuando el cable debe pasar por zonas donde hay instalaciones eléctricas de alta tensión.
- LA INFORMACIÓN QUE VIAJA POR LA FIBRA NO SE PUEDE DETECTAR, AUNQUE SI INTERCEPTAR, por que la luz no es sensible a ningún fenómeno de tipo inductivo, por la especial configuración de su campo electromagnético.
- La fibra presenta unas DIMENSIONES MÁS REDUCIDAS que los medios preexistentes, lo que se traduce en economía de transporte. Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 a 10 mm y proporciona la misma o más información que un cable coaxial de 10 tubos.
- El PESO del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, haciendo más fácil la instalación.
- La sílice tiene un amplio margen de funcionamiento en lo referente a la temperatura, pues funde a 600°C. La fibra óptica presenta un FUNCIONAMIENTO UNIFORME DESDE 55°C A +25°C sin degradación de sus características, al contrario de lo que ocurre en muchos cables metálicos, cuya atenuación depende de su resistencia, y ésta, de la temperatura.

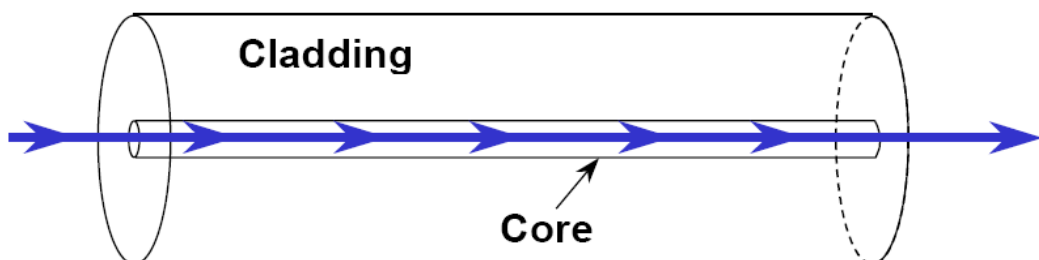
- LA MATERIA PRIMA PARA FABRICARLA ES MUY ABUNDANTE en la naturaleza (es el 30% de la superficie terrestre), lo cual lleva los costos sistemáticamente a la baja según mejoran los procesos tecnológicos, al contrario de lo que ocurre con el cobre, cuyo precio depende fundamentalmente de las reservas.

### 3.1.4.2.3 Composición de la Fibra Óptica

Una fibra óptica se diseña para contener o guiar la luz que pasa a través de la misma como si fuera agua que fluye por la manguera de un jardín. Ésto sucede porque el hilo está compuesto de dos tipos de vidrio que tienen distintas densidades.

El vidrio interno es llamado núcleo vítreo (Core). Este núcleo está rodeado por un vidrio con un índice de refracción menor, llamado revestimiento (Cladding).

El core tiene un índice de refracción más alto que el del vidrio del revestimiento. (Figura 18).



**Figura 18.** Composición de la Fibra Óptica.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Fuente: Manual técnico Cables Coaxiales Comscope.

#### 3.1.4.2.4 Modo de transmisión

En la práctica, la luz se inyecta a través del extremo de la fibra y dentro del núcleo vítreo. Sin embargo, nunca se logra un acoplamiento del 100%. Para que la luz entre en el núcleo, debe ser insertada a un ángulo menor que el ángulo crítico. Algunos de los rayos de luz entran a un ángulo levemente menor que el ángulo crítico. Estos rayos pasan a través del núcleo vítreo y golpean al revestimiento dentro del ángulo crítico, y por lo tanto son reflejados fuera del revestimiento vítreo y nuevamente hacia adentro del núcleo (Figura 19).

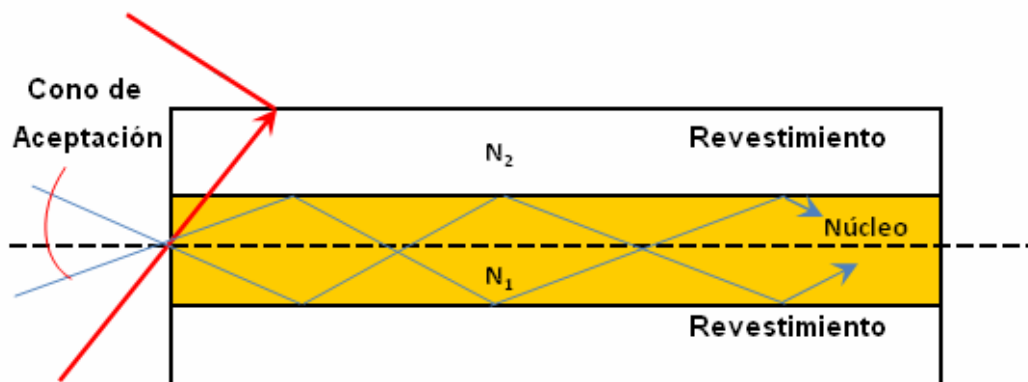


Figura 19. Modo de transmisión.<sup>37</sup>

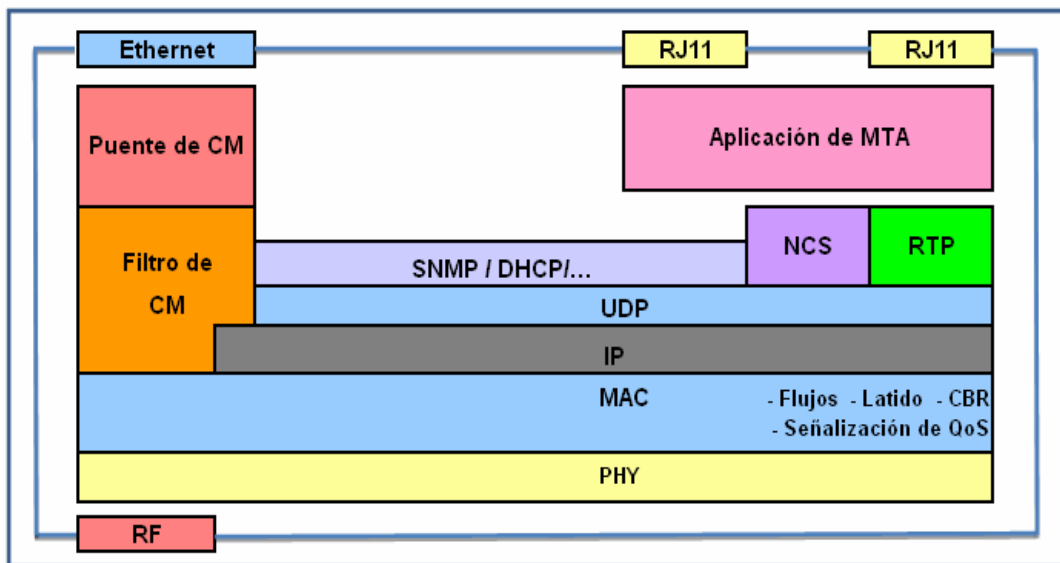
#### 3.1.5 MTA (Adaptador Terminal de Medios)

En la red HFC es donde se encuentra ubicado el abonado del servicio de cable, allí residen un equipo híbrido denominado MTA (Adaptador terminal de medios), que es el dispositivo ubicado en el lado del cliente, específicamente en las instalaciones del usuario, un MTA integrado (E-MTA, *embedded MTA*) es un dispositivo físico que incorpora un módem de cable y un componente MTA, el cablemódem (CM) es un modulador/demodulador cuya función es

<sup>37</sup> Fuente: Manual Técnico Cables Coaxiales Comscope.

proporcionar la transmisión de datos por la red de cable mediante el protocolo DOCSIS, desempeñando un papel clave en el manejo del tren de medios y proporciona servicios tales como la clasificación del tráfico en flujos de servicio, la conformación de velocidad binaria y la puesta en cola priorizada.

En la Figura 20 se muestra un diagrama funcional representativo de un MTA integrado, en el cual están alojados los terminales RJ11 para las salidas telefónicas y los terminales RJ45 (Ethernet) para los datos, en este equipo híbrido es donde se proporciona el servicio de telefonía y datos de alta velocidad en el servicio de Internet residencia.



**Figura 20.** Diagrama funcional MTA.<sup>38</sup>

El MTA integrado es el de mayor uso en las instalaciones a los abonados, pues el hecho de estar integrado hace que ocupe menor espacio, menor

<sup>38</sup> Fuente: ANSI/SCTE 23-1 2005, Data-Over-Cable Service Interface Specification DOCSIS 1.1 Radio Frequency

consumo de energía y hace más fácil la instalación y el mantenimiento, así mismo el precio es bajo.

Un MTA proporciona, además de códecs, todas las funciones de señalización y encapsulado requerida para el transporte de medios y la señalización de llamadas (Ver Figura 21).



**Figura 21.** MTA (Adaptador Terminal de Medios).<sup>39</sup>

Entre las funcionalidades más importantes del MTA, está la de poder transmitir información de alarma a la cabecera. En esta información de alarmas se puede conocer el estado del propio MTA, como es la alarma de batería UPS o de un dispositivo de soporte conectado al MTA.

Esta opción de alarma de batería, es de alimentación de energía local para garantizar un servicio continuo, para ello, se está adaptando un sistema de respaldo con batería que proporcione energía ininterrumpible (UPS), con ésta modificación, el operador puede asegurar que el servicio siga activo cuando la energía suministrada por la empresa comercial falla en la casa del usuario. Por tanto, se requiere una fuente de energía de apoyo que tome el

---

<sup>39</sup> Fuente: Tabla de pérdidas de la compañía Motorola.

relevo cuando no esté disponible la energía suministrada por la empresa comercial.

### **3.1.5.1 Funcionalidades**

- Señalización de llamadas NCS con el CMS.
- Señalización de QoS con el CMS y el CMTS.
- Autenticación, confidencialidad e integridad de algunos mensajes entre el MTA y otros elementos de la red.
- Establecimiento de correspondencias entre los trenes de medios y los servicios MAC de la red de acceso DOCSIS.
- Codificación/decodificación de trenes de medios.
- Incorporación de múltiples indicadores de audio en los teléfonos, por ejemplo, en forma de tonos de llamada, tonos de llamada en espera, tono de marcación entrecortado, tono de marcación, etc.
- Señalización normalizada de línea analógica RTPC para tonos de audio, transporte de voz, señalización de identificación de llamante, DTMF, e indicadores de mensaje en espera.
- El códec audio G.711 y códecs de baja velocidad binaria.

### 3.1.6 CMTS (Sistema de Terminación de Cable módems)

Estos MTAs son manejados por un dispositivo denominado CMTS (sistema de terminación de cablemódems), que está localizado en la cabecera de red (headend), el CMTS provee conectividad a los Cablemódems usando el protocolo DOCSIS y conectividad IP del proveedor de servicio, usando unas interfaces WAN que posee, las principales funciones es autenticar a cada dispositivo presente en la red y validar su configuración.

El CMTS es un dispositivo que se encarga de atribuir y programar el ancho de banda en los sentidos ascendente y descendente con arreglo a las peticiones del MTA y las autorizaciones de QoS. (Figura 22).



**Figura 22.** CMTS (Sistema de Terminación de Cable módems).<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> Fuente: <http://www.motorola.com>

Funcionalidades:

- Proporcionar al CM la QoS requerida con arreglo a las peticiones DOCSIS, que se comprueban atendiendo a la política del administrador del sistema.
- Atribuir anchura de banda en sentido ascendente con arreglo a las peticiones del CM y a las políticas de QoS de la red.
- Clasificar cada paquete proveniente de la interfaz del lado red, y asignarlo a un nivel de QoS con arreglo a unas especificaciones de filtro definidas.
- Vigilar el campo TOS en los paquetes recibidos de la red de cable para que se cumplan los valores fijados para dicho campo conforme a la política de cada operador de red.
- Alterar el campo TOS en los encabezamientos IP de sentido descendente, con arreglo a la política del operador de la red.
- Conformar el tráfico y realizar las tareas de vigilancia que se deriven de la especificación del flujo.
- Reenviar a los dispositivos de la red de base paquetes ascendentes utilizando la QoS asignada.
- Convertir los parámetros de puerta de QoS en parámetros DOCSIS.

El CMTS es el componente encargado de administrar los anchos de bandas en los dos sentidos (ascendente y descendente), siempre haciendo uso de las autorizaciones de calidad de servicio establecidas en la configuración

inicial; el CMTS es el punto de intersección entre la red HFC y la Ip administrada, éste punto es un puerto que es controlado por el CMS a través de controlador de puerta (GC) que es un componente lógico de gestión, cuya función es coordinar todas las autorizaciones y hacer control de la calidad de servicio.

### **3.2 RED IP GESTIONADA**

La red IP gestionada es la encargada de proporciona interconexión entre los componentes funcionales, que son los encargados de la señalización, de los medios y del establecimiento de la calidad de servicio en la red, así mismo, proporciona conectividad IP de largo alcance entre otras redes PacketCable.

La red IP gestionada está constituida por los siguientes componentes:

1. Servidor de gestión de llamadas (CMS - Call Management Server).
2. Servidores auxiliares del sistema de soporte de operaciones (OSS, Operations Support System).

#### **3.2.1 Servidor de Gestión de Llamadas (CMS – Call Management Server)**

El servidor de gestión de llamadas es un dispositivo que se encuentra dentro de la red de confianza, por estar ubicado en el sitio físico del operador y tener acceso directo e inmediato al mismo, es el responsable de proporcionar control y señalización al MTA usando para ello el protocolo NSC.

El CMS mantiene el estado de la llamada en el MTA, además de contener la información del número telefónico y del plan de digitación para cada MTA, así mismo provee características de conferencia y llamada en espera.

El CMS está conformado por el agente de llamada – CA – Call Agent, el controlador de puerta – GC – Gate Controller y el controlador de puerta de enlace - MGC – Media Gateway Controller. El agente de llamada es el encargado de proporcionar al MTA los servicios de señalización mediante la aplicación del protocolo NCS, las responsabilidades del agente de llamada son:

- Mantener el estado de progresión de la llamada.
- Utilizar códecs en el dispositivo MTA del abonado.
- Recoger y preprocesar los dígitos marcados.
- Recoger y clasificar las acciones del usuario.
- Controlar la utilización de la métrica de voz por el MTA.

El controlador de puerta es una porción lógica en el CMS que coordina todas las autorizaciones y tareas de control de la calidad de servicio. El controlador de puerta de enlace (MGC) es un componente lógico de gestión de señalización y control para la RTPC, usando el TGCP como protocolo de comunicación, cuando un usuario de la red de cable necesita comunicarse con un usuario de la red telefónica pública conmutada RPTC utiliza el MGC.

Adicionalmente, se utiliza el controlador de avisos –ANC – Announcement Controller, que es el encargado de los anuncios en la red, como por ejemplo, “su llamada no puede ser completada en este momento, por favor inténtelo más tarde”

### **3.2.2 Servidores auxiliares del sistema de soporte de operaciones (OSS, Operations Support System).**

Los equipos auxiliares del sistema de soporte de operaciones (OSS) son una serie de servidores con funciones administrativas, de servicio y de gestión de red que sirven de soporte para los procesos comerciales básicos.

Estos servidores son los encargados de gestionar configuración, seguridad, calidad de funcionamiento, contabilidad y averías:

- Servidor de protocolo de configuración dinámico (DHCP): Es utilizado durante el proceso de aprovisionamiento del dispositivo MTA para asignar dinámicamente direcciones IP y otros tipos de información sobre la configuración del cliente.
- Servidor de sistema de nombre de dominio (DNS): Es utilizado para establecer correspondencias entre nombres de dominio y direcciones IP.
- Servidor de protocolo de transferencia de ficheros trivial o servidor de protocolo de transferencia hipertexto (TFTP o HTTP): Es utilizado durante el proceso de aprovisionamiento del dispositivo MTA para telecargar ficheros de configuración al MTA.
- Servidor SYSLOG (SYSLOG): Es utilizado para almacenar los mensajes de notificación de eventos que indican que han ocurrido ciertos eventos como errores de dispositivo.
- Servidor de mantenimiento de registros (RKS): Recibe mensajes de eventos, desde el CMS, CMTS, o el MGC. Estos mensajes contienen información para formar conjuntos coherentes o registros de detalles de llamada (CDR, *Call Detail Records*), que se ponen seguidamente a disposición de otros sistemas auxiliares, como los de facturación o detección de fraudes.
- Servidor de seguridad – Centro de distribución de claves (KDC): Es usado únicamente para el aprovisionamiento de MTA, éste servidor provee

seguridad basada en Kerberos, bajo la modalidad de Tiques, el cual contiene información utilizada para configurar la seguridad de la señalización de llamadas entre el MTA y el CMS.

### **3.3 LA RED TELEFÓNICA PÚBLICA CONMUTADA (RTPC)**

La red telefónica pública conmutada – RTPC- es un componente funcional de la arquitectura PacketCable, la cual hace posible la comunicación de usuarios externos de la red de cable, usando para ello, la red IP administrada.

La comunicación se logra mediante la utilización de los siguientes componentes:

- **Controlador de pasarela de medios (MGC)** – Su función es la de mediar la información de señalización de las llamadas entre la Red Telefónica Pública Conmutada y la red PacketCable; así mismo, controla el estado de la llamada que requiera interconexión con la RTPC.
- **Pasarela de señalización (SG)** – Su función es la de administrar la señalización entre la red de señalización SS7 de la RTPC y la red IP, de ella depende en gran parte el óptimo funcionamiento del servicio telefónico en la red de cable.
- **Pasarela de medios (MG)** – Su función principal es la conversión de la voz sobre IP a una señal apropiada para la RTPC; administra el tráfico de voz, realiza la cancelación de eco y genera reportes al MGC sobre el estatus de sus funciones.

#### **4. ESTRUCTURA DE LAS REDES PARA EL SERVICIO DE VOZ**

Las redes construídas a comienzo de los años 90 no fueron pensadas para soportar el tráfico de servicios diferentes a la de la televisión, en esos años, la idea que tenían los visionarios del negocio, fue de instalar cable por todos los sitios que vieran comercialmente viable, adicional que para esos tiempos, no existía personal capacitado y la poca información que existía era de carácter comercial, así, con todos estos datos y experiencias, se fueron formando los futuros técnicos de las redes de cable en Colombia, ésto unido a la falta de herramientas especializadas llevó a construir sistemas de cable sin un estándar técnico apropiado, cometiendo errores, que aún 20 años después se siguen haciendo.

Las redes de cable fueron diseñadas pensando sólo en un sentido de señal, la que conocemos como sentido downstream, que en otras palabras de uso popular se denominan señales de bajada o señal hacia el usuario, éstas señales son las que provienen desde las cabeceras de red y van hacia los sitios de los abonados, en ésta señal se transportan todos los canales de televisión que se generan o se administran en las cabeceras de red, y como solo se pensó en ello, las redes de transmisión se diseñaron todas dependiendo de una sola línea troncal, y ello trajo como resultado la creación de nodos muy densos; el promedio de casas servidas era alrededor de 10000 hasta 20000 casas que dependían de un solo cable; el término casas en el dialecto técnico se le llama home Passed (HP) o casa pasada.

El desarrollo tecnológico se inició terminando los años 90, lo primero que se hizo fue la implementación de la fibra óptica en las redes troncales, cerca del año 97, la primera compañía que dió el salto, se llamó TV CABLE Bogotá, al implementar el servicio de Internet en las redes de cable; terminando el año

1999 se logró la implementación de datos en las redes de la compañía TV CABLE PROMISION en Bucaramanga.

## **4.1 PROCESOS A IMPLEMENTAR PARA MEJORAR REDES**

### **4.1.1 Proceso Diseño**

El primer proceso a desarrollar es el diseño de redes, al inicio de las operaciones de las compañías de cable en el país, no se completó ésta tarea, y prueba de ello, es el desorden en las redes y muchas veces el desconocimiento de la ubicación de los activos de la red.

El diseño consiste en varias etapas, la primera es poder contar con los planos de ubicación de los predios, si no existen actualizados, la tarea es hacer el levantamiento de la información, ésta labor es conocida como mapping; este levantamiento de información lleva la ubicación en un plano geo-referenciado, de las calles, avenidas, predios, casas, urbanizaciones, conjuntos; así mismo, se debe dejar explícita toda la información de infraestructura existente en el sector, ésta información contiene la postería, la ruta de líneas de transmisión, ubicación de equipos de medida, ubicación de transformadores.

Si en el terreno ya existen redes del operador, se hace necesario el levantamiento de la ubicación de todos los activos como son amplificadores, fuentes de alimentación, nodos ópticos, cables coaxiales troncales.

Una vez levantada en el terreno la información, se lleva al plano digital y se condensa en un programa de dibujo; con ésta información se puede iniciar el proceso de segmentación de redes, que consiste en poder determinar grupos de usuarios, en otras palabras, es dividir ese grupo grande de Home Passed

(HP) en grupos más pequeños, aproximadamente lo que se busca es poder dejar grupos de usuarios de no más de 2000 HP, una vez se determinen la cantidad de HP en cada celda, la cual se denomina NODO, se propone la ruta más conveniente de la red de fibra para poder llegar al centro de masa de dicho nodo.

La Figura 23 presenta el detalle de un levantamiento de información, en el cual se observa la nomenclatura de todas las viviendas, calles, avenidas, el recorrido de las redes eléctricas con la ubicación exacta de la posteria y la posible alimentación de las HP desde la postiería eléctrica.

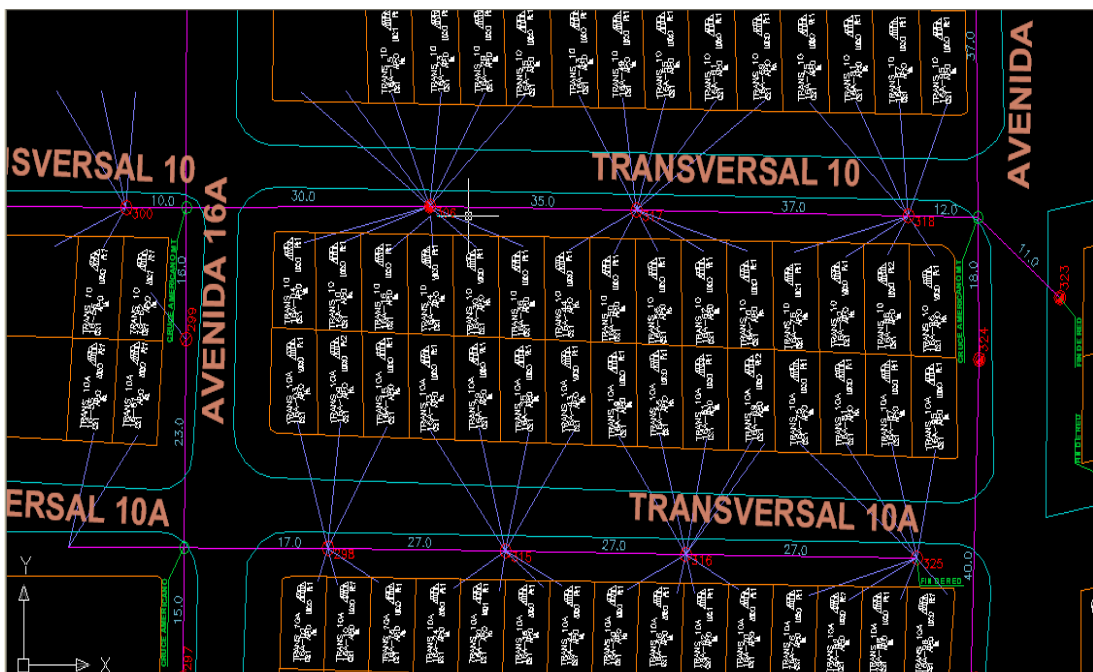


Figura 23. Levantamiento de Información.<sup>41</sup>

<sup>41</sup> Fuente: Los autores.

Una vez se tenga ésta información, con la ayuda del programa de diseño óptico se hace el cálculo de los enlaces desde la cabecera hasta cada nodo; la implementación de la fibra óptica ayuda en la segmentación de la red para poder controlar de una manera directa cada nodo. El programa de diseño también se emplea para calcular las pérdidas de los cables coaxiales, éste diseño corresponde a la distribución de la señal dentro del nodo, el diseño determina la posible ubicación de los equipos activos y pasivos.

En el mercado comercial se encuentran varios programas de diseño, de los cuales los más usados en la industria de telecomunicaciones por cable son el Lodedata y el Focus<sup>42</sup>.

El programa de diseño Lodedata es como una hoja de calculo avanzada, lo primero que se le ingresan son las especificaciones técnicas de los equipos que vamos a utilizar en el diseño, las especificaciones corresponden a los amplificadores, cable y dispositivos de distribución.

El software de diseño se trabaja en compañía de un software de dibujo, que en las mayorías de casos, corresponde a Autocad; una vez que se tienen los parámetros ingresados se dá inicio al diseño, que consiste en ir alimentando la ruta con las distancias obtenidas en el mapping, éste a su vez va generando la clase y valor del dispositivo que debe colocar en el poste para lograr obtener los niveles de señal determinados para cada predio.

En la Figura 24 se observan pantallazos de este software; a medida que se avanza en el diseño, se va determinando la cantidad de elementos y niveles de señal, una vez se alcance el nivel mínimo determinado en las especificaciones se hace uso de otro amplificador de señal para mantener los estándares de calidad.

---

<sup>42</sup> <http://www.lodedata.com>



En la medida que se avanza en la tabla de cálculo, se va dibujando en el plano de autocad las convenciones correspondientes.

En la Figura 25 se observa un diseño de cable coaxial para alimentar de señal los predios del área a desarrollar, aquí se visualiza la ubicación de todos los activos como son amplificadores, fuentes de poder y la ubicación del nodo; así mismo se encuentran los dispositivos derivadores de señal para cada casa o predio.

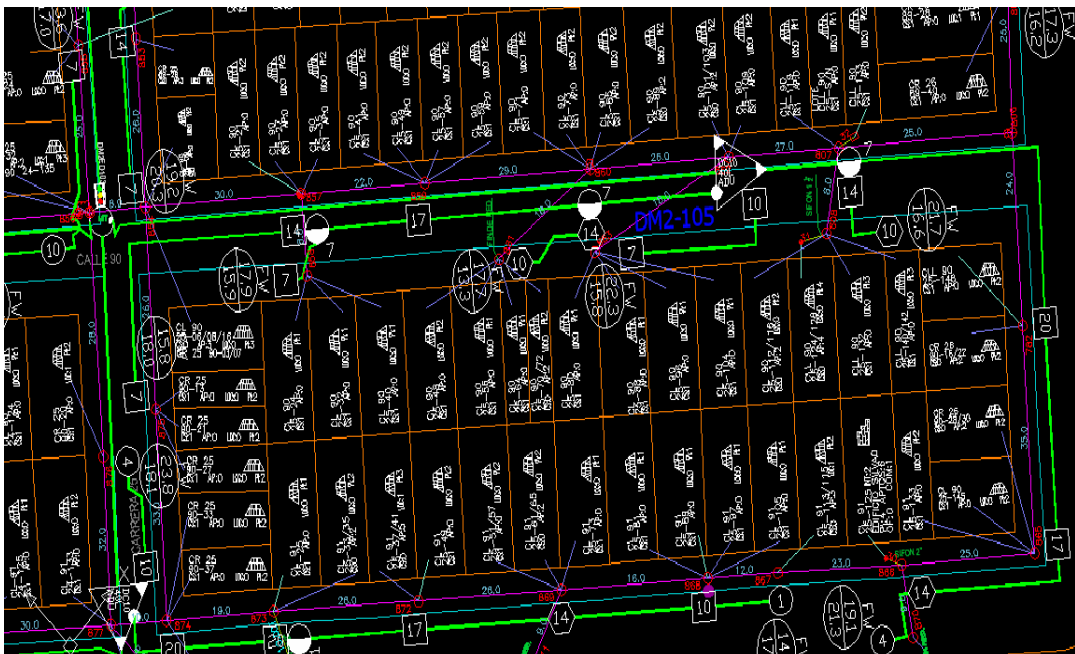
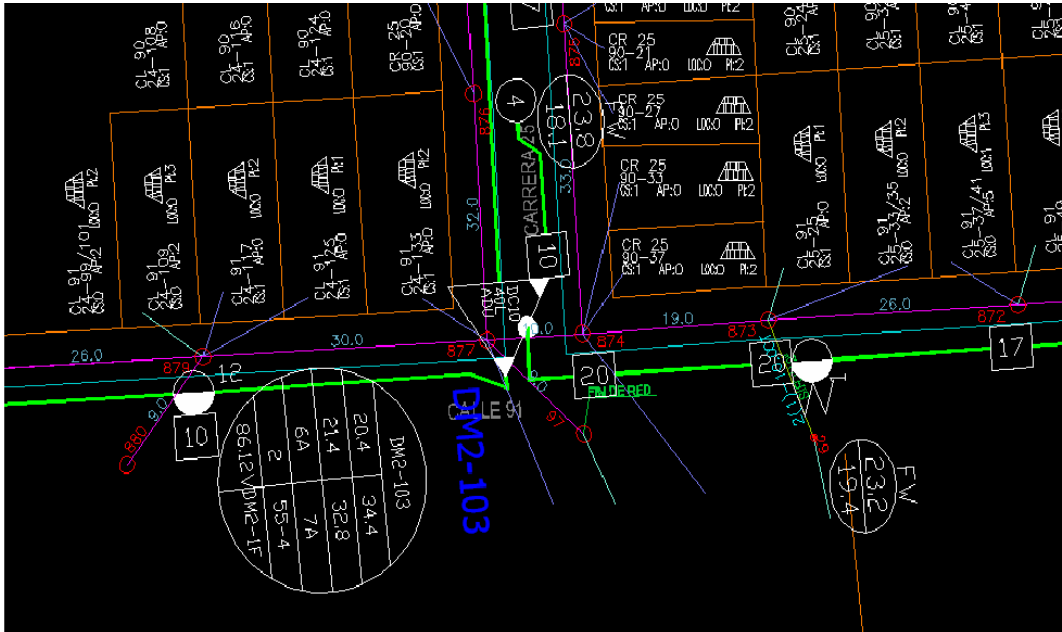


Figura 25. Diseño Cable Coaxial.<sup>44</sup>

Los círculos en el plano son la referencia técnica de la configuración de niveles que deben tener los amplificadores, este tipo se denomina Lapidar, y en ellas se consignan los niveles de señal que según el programa de diseño deben estar presentes una vez se haga su construcción, ésta información es una ayuda de gran utilidad para el proceso de certificación (Figura 26).

<sup>44</sup> Fuente: Los autores.



**Figura 26.** Detalle Diseño Cable Coaxial.<sup>45</sup>

Una vez el proceso de diseño esté culminado, ya sea por construcción nueva o por reestructuración de redes, el siguiente paso es proceder a la construcción de las redes o la segmentación de la red.

#### 4.1.2 Proceso de Construcción

El proceso de construcción lleva tres fases, la primera tiene que ver con el tendido de la fibra óptica, la segunda el tendido del cable coaxial y por último la instalación de todos los elementos activos y pasivos de la red. Estas tres fases tienen elementos muy particulares, pues del buen comportamiento en su ejecución, se obtiene una red en condiciones propias para la transmisión de información como son los datos y la voz.

<sup>45</sup> Fuente: Los autores.

En el proceso del tendido de la fibra es importante seguir al pie de la letra el diseño en el cual se marca el recorrido del cable óptico; un aspecto importante en el tendido es evitar que el cable sea deformado por acción de un agente externo, como es el caso de los vehículos, pues se presenta a veces que en cruces de calles, el cable es dejado en la vía pública y no hay supervisión de su manejo, por lo cual puede pasar un vehículo y lo aplasta, en el momento no se ve la deformación pero cuando se está activando el enlace se presentan atenuaciones de señal muy altas, ocasionando que el enlace no funcione, la única forma de poderlo solucionar es reemplazando el tramo afectado y colocando una caja de empalme; de esta forma se elevan los costos de la construcción.

En lo referente al cable coaxial, las precauciones son las mismas que la fibra óptica, pero adicionando el tema de no ocasionar problemas con las redes eléctricas, pues a diferencia del cable óptico, el cable coaxial si es un conductor eléctrico.

En la instalación de los elementos activos y pasivos de la red, las actividades a tener en cuenta tienen relación con la instalación de los conectores de cada aparato, pues es fundamental que las terminaciones queden con las distancias especificadas por cada fabricante, por ello es importante que antes de iniciar la actividad de conectorización se conozca de antemano que tipo de conector se usará para así poder saber las distancias de los pines.

Otra actividad muy importante es conocer el sentido de la señal con el fin de no colocar dispositivos al revés, pues un aparato mal instalado puede retrasar la calibración de la red.

Lo importante en la etapa de construcción es cumplir con lo determinado en el diseño, debido a que muchas veces el nivel de señal de un dispositivo

queda al máximo en esa ubicación, y al cumplir con esa ubicación se estarían alterando las características de la señal y por consiguiente en ese punto puede que no cumpla con la especificación DOCSIS en lo referente a niveles de señal al usuario, ocasionando que el dispositivo del usuario (cablemódem) no enganche según lo acordado.

#### 4.1.3 Proceso Calibración y Certificación

Este proceso es tan importante como los anteriores, la utilización de buenas practicas durante el proceso de montaje del diseño original brindará buenos resultados en la etapa de calibración, este proceso contempla asegurar los niveles de voltaje en cada dispositivo, direccionando según corresponda al diseño las rutas de voltaje para cada elemento activo; así mismo, se deben asegurar los niveles de señal Rf en la salida del nodo óptico y en la entrada de cada uno de los amplificadores.

Una vez la calibración se ha terminado, se procede con la certificación, que consiste en hacer un acta de la actividad en la cual quedan consignados los siguientes datos:

- Niveles de señal en cada punta Terminal (Tabla 11).

Niveles de RF FWD dBmv			
CH 2	CH70	CH 93	CH115
22,1	20,4	16,7	18,7

Niveles de RF FWD dBmv			
CH 2	CH70	CH 93	CH115
20,7	21,5	18,3	22,8

**Tabla 11.** Niveles de señal en cada punta terminal.<sup>46</sup>

<sup>46</sup> Fuente: Los autores.

- Pruebas de voltaje en la fuente de poder que alimenta el circuito (Figura 27).

The screenshot shows a web browser window with the address bar containing 'http://5.177.42.182/?X=ana'. The page content includes a navigation menu with links for 'DISCRETES', 'ANALOGS', 'COUNTERS', and 'TEXT'. Below this, it displays 'CURRENT ALARM STATE : NONE'. The main section is titled 'ANALOGS' and contains a table with columns: DEV-A, IX, NAME, VALUE, ENM/UNIT, and SET. The table lists various measurements such as battery voltages (BATT 1A-4A, 1B OR 5A, 2B OR 6A, 3B OR 7A, 4B OR 8A), input/output voltages, currents, power, and temperatures. The 'SET' column indicates whether an alarm is active for each parameter.

DEV-A	IX	NAME	VALUE	ENM/UNIT	SET
<b>ANALOGS</b>					
BSS-1	00	BATT 1A	13.50	VDC	NO
BSS-1	01	BATT 2A	13.60	VDC	NO
BSS-1	02	BATT 3A	13.50	VDC	NO
BSS-1	03	BATT 4A	0.00	VDC	NO
BSS-1	04	BATT 1B OR 5A	13.60	VDC	NO
BSS-1	05	BATT 2B OR 6A	13.60	VDC	NO
BSS-1	06	BATT 3B OR 7A	13.50	VDC	NO
BSS-1	07	BATT 4B OR 8A	0.00	VDC	NO
-----					
XM2-1	00	INPUT VOLTAGE	120.00	Vac	NO
XM2-1	01	INPUT FREQ	60.10	Hz	NO
XM2-1	02	OUTPUT VOLTAGE	89.00	Vac	NO
XM2-1	03	OUTPUT 1 CURR	4.60	A	NO
XM2-1	04	OUTPUT 2 CURR	0.00	A	NO
XM2-1	05	PERCENT LOAD	29.00	%	NO
XM2-1	06	OUTPUT VA	410.00	VA	NO
XM2-1	07	OUTPUT WATTS	360.00	W	NO
XM2-1	08	BATT VOLTAGE	40.60	Vdc	NO
XM2-1	09	CHARGER CURR	4.80	A	NO
XM2-1	10	BATTERY TEMP	29.00	oC	NO
XM2-1	11	FREQ RANGE	3.00	Hz	YES
XM2-1	12	FLOAT V/C	2.27		YES
XM2-1	13	ACCEPT V/C	2.40		YES
XM2-1	14	TEMP COMP	5.00	mW	YES
XM2-1	15	PEAK CURR 1	15.00	A	YES
XM2-1	16	PEAK CURR 2	15.00	A	YES
XM2-1	17	CHGR CURR LIMIT	10.00	A	NO
-----					
SYS-1	00	PI CURRENT	0.00	A	NO

Figura 27. Pruebas de voltaje en la fuente de poder que alimenta el circuito<sup>47</sup>

- Pruebas de los niveles de ruido en los canales de retorno (Figura 28).

<sup>47</sup> Fuente: Los autores.

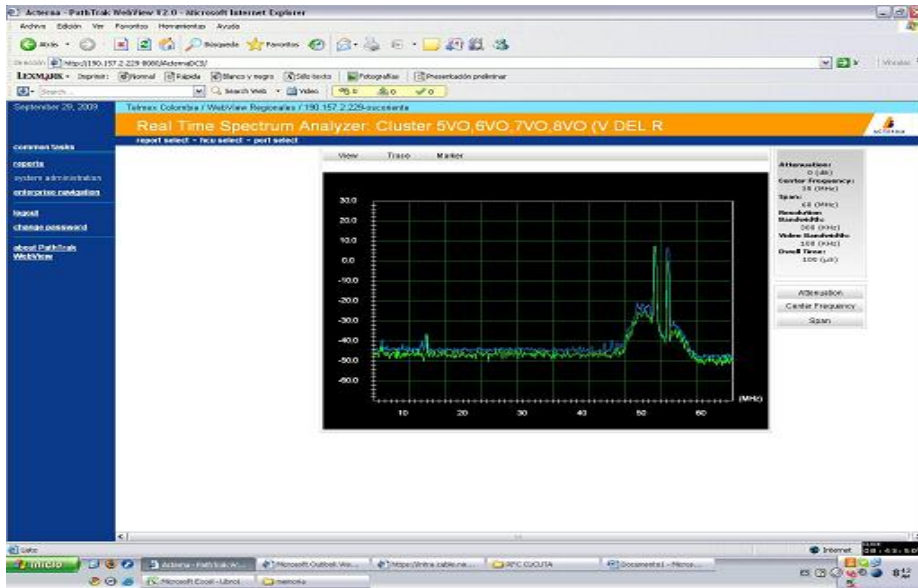


Figura 28. Pruebas de los niveles de ruido en los canales de retorno.<sup>48</sup>

- Pruebas del nivel de la portadora en retorno (Figura 29).

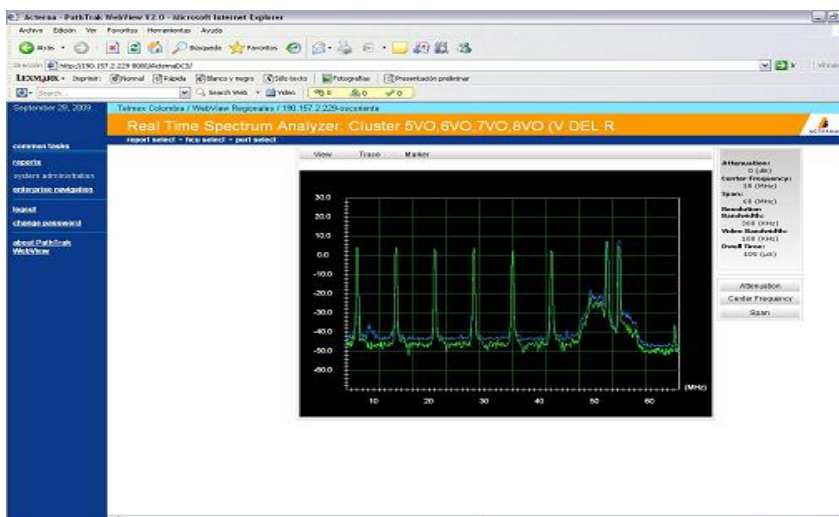


Figura 29. Pruebas del nivel de la portadora en retorno.<sup>49</sup>

<sup>48</sup> Fuente: Los autores.

<sup>49</sup> Fuente: Los autores.

- Pruebas de velocidad de navegación de CableMódems (Tabla 12).

Direccion donde se realiza la Prueba		Velocidad de aprovisionamiento del MTA			
Carrera San Vicente Calle Rubi		<b>Down</b>	<b>8000</b>	<b>Up</b>	400

Prueba Local			
FTP	kpbs	kBps	%
<b>GET</b>	8037	1004,625	100%
<b>PUT</b>	415	51,875	104%

Prueba Internacional			
FTP	kpbs	kBps	%
<b>Down</b>	8047	1005,9	101%
<b>Up</b>	418	52,3	105%

**Tabla 12.** Pruebas de velocidad de navegación de CableMódems.<sup>50</sup>

- Valores de la electrónica (pad; ecualizadores) de los activos.
- Niveles de voltaje de entrada y salida de cada activo.
- Pruebas de los bancos de baterías de las fuentes.

---

<sup>50</sup> Fuente: Los autores.

## **5. SERVICIOS DE UNA RED HFC**

Una red moderna HFC con capacidad para comunicaciones bidireccionales puede ofrecer una gran variedad de servicios de telecomunicación. El diseño de un sistema de cable requiere un conocimiento detallado de las aplicaciones y servicios que deberá soportar, porque si no se conoce esto no se podrán determinar las prestaciones de la red.

Una idea que ha de tenerse siempre presente es que las aplicaciones evolucionan con el tiempo, y posiblemente lo harán de tantas formas que hoy todavía no se pueden prever. Se debe tener en cuenta si ésta evolución la producen factores externos a las redes de cable, es decir, el progreso de la tecnología de computación, los usos cambiantes de la comunicación electrónica, etc., o si simplemente es la propia tecnología del cable la responsable de esta evolución.

Normalmente se hace una distinción entre aplicación y servicio. Se puede ver claramente la diferencia con un par de ejemplos: las comunicaciones de voz y fax son dos aplicaciones soportadas por el servicio telefónico convencional; el servicio de Internet (basado en el protocolo de transporte IP) soporta una multitud de aplicaciones tales como correo electrónico, acceso remoto, www, etc.

### **5.1 SERVICIOS**

#### **5.1.1 Difusión de video analógico**

Canales entre 6 y 8 MHz. Modulación clásica AM-VSB.

### **5.1.2 Difusión de video digital**

2–3 Mbps de ancho de banda descendente (video comprimido). Las técnicas de compresión (MPEG-2) y las eficientes técnicas de modulación (64, 128, 256 QAM) permiten transportar hasta diez veces más canales que con las técnicas analógicas. El video digital permite ofrecer servicios de tipo Pago por Visión y Bajo Demanda de manera flexible.

### **5.1.3 Video bajo demanda**

3 Mbps de capacidad del canal descendente (comprimido) y una pequeña capacidad del canal de retorno que permita la interactividad (del orden de 1 Kbps). Posibilidad de detener y reanudar la reproducción por parte del usuario. El operador de red necesita una serie de mecanismos de seguridad para las aplicaciones de Pago por Visión. Se requiere un servidor especial de video en la cabecera para simular las funciones de un aparato de video casero convencional.

### **5.1.4 Televisión avanzada**

10 Mbps de ancho de banda descendente (comprimido). Los estándares propuestos de televisión de alta definición (HDTV) requieren mucha mayor capacidad de la red. Una imagen de alta definición de 1240 x 720 píxel (no comprimida) requiere tres veces la velocidad de transmisión necesaria para una imagen de video ordinario no comprimida.

### **5.1.5 Audio digital**

1 Mbps de ancho de banda descendente. Exigencias de reproducción análogas a las del video bajo demanda. Las técnicas de compresión

permiten reducir de 1.4 Mbps a 384 Kbps la velocidad de transmisión necesaria para un canal de audio de calidad CD.

#### **5.1.6 Telefonía**

600 Kbps bidireccional (no comprimido). Mediante técnicas de compresión, la capacidad requerida es considerablemente menor. Teóricamente basta con 128 Kbps (64 Kbps en cada sentido), pero ha de hacerse frente a problemas de retardo de paquetización y otros retardos que introduce la red y que precisan de técnicas de cancelación de ecos.

Los usuarios demandan privacidad en las comunicaciones y los estándares de servicio telefónico exigen una alta fiabilidad del sistema.

#### **5.1.7 Videoconferencia**

100 Kbps bidireccional (comprimido). Tasas de bit muy variables. Hay aplicaciones de baja calidad que funcionan a 28 Kbps en Internet. La red de cable puede ofrecer un servicio de mayor calidad empleando capacidades de entre 100 Kbps y 1 Mbps. Los retardos son un problema para la interactividad.

#### **5.1.8 Redes de computadores**

100 Kbps a 100 Mbps (ó más) de tráfico bidireccional, generalmente a ráfagas (bursty). Las características del tráfico y las necesidades futuras dependen en gran medida del tipo de aplicaciones que se usen. La mayoría de los operadores de cable tienden a ofrecer servicio de Internet, que soporta una gran cantidad de distintas aplicaciones muy atractivas para los usuarios.

Uno de los grandes negocios de las redes HFC es el alquiler de enlaces punto a punto de alta velocidad a empresas, utilizando tecnología SDH o PDH.

### **5.1.9 Videojuegos**

Algunos sistemas no requieren comunicaciones bidireccionales puesto que almacenan los programas de juegos en la memoria del terminal de abonado y no hay interactividad con la red. Otros, sin embargo, permiten jugar de forma interactiva con la cabecera y con otros usuarios de la red, exigiendo comunicaciones bidireccionales con retardos muy pequeños.

### **5.1.10 Telemetría**

1 Kbps de tráfico a ráfagas. La red de cable puede usarse para monitorear contadores de electricidad, gas y agua, sistemas de televigilancia y otros sistemas como, por supuesto, la propia red de cable.

## 6. CONCLUSIONES

Inicialmente los sistemas de cable fueron diseñados para suministrar señales de televisión de difusión a los hogares del suscriptor. Normalmente los sistemas de cable coaxial funcionan aproximadamente a 550 MHz, pero el funcionamiento de cables modernos de HCF es de 750 MHz y a veces a 860 MHz. A su vez, cada canal de televisión ocupa un ancho de banda de 6 MHz del espectro de radio frecuencia, por lo tanto, los sistemas viejos pueden manejar 60 canales, mientras que los nuevos sistemas pueden manejar hasta 750 MHz de ancho de banda y 110 canales o más.

Ante la necesidad de la industria en unificar las características de implementación de los servicios de voz, nace la arquitectura PacketCable, la cual fue considerada para lograr la comunicación paralela de un extremo a otro de un sinnúmero de usuarios que en ese momento utilizaban las redes de televisión por cable, conservando la calidad, la confiabilidad y agregando las funciones que en ese momento la telefonía habitual no contaba. Para lograr este fin es necesaria la interconexión de las redes HFC, red IP administrada y la red PSTN.

Para realizar una interfaz de comunicación y señalización entre los usuarios y la cabecera, la red HFC establece todos los dispositivos y medios de transporte, ésta a su vez es monitoreada por la red IP administrada. Por su lado, la red IP administrada soporta los mecanismos de control y enrutamiento de las llamadas.

La arquitectura PacketCable ofrece grandes ventajas con relación a otras plataformas, debido a que facilita la integración de servicios VoIP de extremo

a extremo, haciendo que la transmisión bidireccional de datos a través de la red de cable sean más rápidas y fáciles de implementar; ofreciendo ventajas económicas para los operadores y haciendo posible que cualquier operador que utilice PacketCable pueda interactuar con los demás operadores que hayan incorporado el mismo estándar.

Para lograr el éxito de la especificación PacketCable era muy importante tener en cuenta el desarrollo de la tecnología basada en el Protocolo de Internet (IP, Internet Protocol) y de la especificación DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification - Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable).

La especificación DOCSIS indica las características técnicas que debe cumplir la red HFC para garantizar el flujo de datos en la red, asegurando de ésta forma su funcionamiento en tiempo real; ésta especificación tiene un plan determinado de frecuencias para hacer la comunicación en los dos sentidos, un canal de comunicación entre el proveedor y el usuario llamado "Downstream" y el canal de comunicación entre el usuario y el proveedor llamado "Upstream".

El trabajo en conjunto del protocolo DOCSIS con los tres elementos que conforman la red de acceso (cable módems, MTAS y CMTS) hace posible que el tren de medios atraviese la red y cumpla con la misión de la comunicación, puesto que para realizar el acceso, se emplea el dispositivo MTA en el sitio del usuario, y como elemento activo y gestionable está el CMTS en la cabecera de la red de cable. El CMTS administra todas las conexiones y establece la comunicación entre la red de acceso y la red IP administrada.

En el desarrollo de las redes de cable, la arquitectura PacketCable se ha convertido en un factor determinante, debido a que la hace más competitiva frente a las redes de telefonía básica conmutada, permitiendo el establecimiento de una llamada entre dos usuarios, independientemente de la red a la que pertenezca, así mismo, facilita todas las funciones de una llamada, conferencia, transferencia de llamadas, contestador automático, entre otras.

La red PSTN, mediante la red IP administrada, permite establecer la comunicación y el transporte de tráfico telefónico y multimedia entre los usuarios de la red de cable HFC y usuarios de otros tipos de redes telefónicas tradicionales.

## 7. GLOSARIO

- ANC:** Controlador de anuncios (announcement controller)
- ANP:** Reproductor de anuncios (announcement player)
- ANS:** Servidor de anuncios (announcement server)
- CM:** Módem de cable (cable modem)
- CMS:** Servidor de gestión de llamadas (call management server)
- CPE:** Equipo en las instalaciones del cliente (customer premises equipment)
- DHCP:** Protocolo de configuración dinámico del anfitrión (dynamic host configuration protocol)
- DNS:** Sistema de nombres de dominio (domain name system)
- DTMF:** Multifrecuencia bitono (dual tone multi-frequency)
- FQDN:** Nombre de dominio totalmente cualificado (fully qualified domain name)
- GC:** Controlador de puerta (gate controller)
- HFC:** Híbrido fibra/coaxial (hybrid fibre/coax)
- HTTP:** Protocolo de transferencia hipertexto (hypertext transfer protocol)
- IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers
- IETF:** Grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet (Internet Engineering Task Force)
- IP:** Protocolo Internet (Internet protocol)
- IPsec:** Seguridad de protocolo Internet (IP security)
- ISTP:** Protocolo de transporte de señalización Internet (Internet signalling transport protocol)
- MAC:** Control de acceso a medios (media access control)
- MF:** Multifrecuencia
- MIB:** Base de información de gestión (management information base)

**MMH:** Troceo modular multilineal (multilinear modular hash)

**MTP:** Parte transferencia de mensajes (message transfer part)

**NAT:** Traductor de dirección de red (network address translator)

**NCS:** Señalización de llamadas basada en la red (network-based call signalling)

**OSS:** Sistema de soporte de operaciones (operations support system)

**PU-RDSI:** Parte usuario de la red digital de servicios integrados

**QoS:** Calidad de servicio (quality of service)

**RKS:** Servidor de mantenimiento de registros (record keeping server)

**RTP:** Protocolo de transferencia en tiempo real (real-time transfer protocol)

**RTPC:** Red telefónica pública conmutada

**SA:** Dirección de origen (source address)

**SCCP:** Parte control de la conexión de señalización (signalling connection control part)

**SG:** Pasarela de señalización (signalling gateway)

**SID:** Número de identificación de sistema (system identification number)

**SNMP:** Protocolo simple de gestión de red (simple network management protocol)

**TCAP:** Parte aplicación de capacidades de transacción (transaction capabilities application part)

**TFTP:** Protocolo de transferencia de ficheros trivial (trivial file transfer protocol)

**TGCP:** Protocolo de control de pasarela troncal (trunking gateway control protocol)

**TGS:** Servidor que concede tiques (ticket granting server)

**ToS:** Tipo de servicio (type of service)

**UDP:** Protocolo de datagrama de usuario (user datagram protocol)

**3DES:** Es una variación del DES, usado para hacer más difícil el acceso a la información por parte de un intruso en la red.

**Acometida (Drop):** Cable coaxial que conecta cada edificio u hogar a la línea alimentadora más cercana de la red de cable.

**Acopladores Ópticos:** Componentes pasivos utilizados para dividir la potencia óptica para distribución a los nodos receptores.

**Atenuación:** Diferencia entre la potencia transmitida y la potencia recibida a la pérdida en los medios de transmisión. Expresada en decibeles.

**Bidireccional:** Capacidad de conducir señales a la cabecera, así como también fuera de ella. Sistemas de doble vía o bidireccionales que pueden llevar datos, como también señales de audio y video.

**Banda Ancha (Transmisión datos de alta velocidad):** Término general usado para describir los sistemas o equipos de banda ancha que pueden transportar una gran proporción del espectro electromagnético.

**BPI:** Interfaz de privacidad de línea base. Mecanismos usados en DOCSIS para prestar el servicio de paquetes privados que pasen a lo largo de una red.

**Cable Coaxial:** Un tipo de cable que tiene dos conductores que comparten el mismo eje. Consiste en un conductor central, dieléctrico aislante, blindaje conductor y funda protectora.

**CATV:** Red de distribución de cable coaxial para señales de TV analógicas.

**Canal:** Una sección o vía sencilla del espectro que lleva una señal.

**Certificados Digitales:** Es un método de encapsulamiento de información, usado para garantizar su transporte en redes PacketCable.

**CIC:** Código de identificación de Circuitos, empleado en la señalización SS7, para identificar un circuito de enlace troncal sobre el que se establece la ruta de la voz.

**CID:** Identificador de circuito. Valor numérico fijo que permite al MG identificar cualquier enlace troncal de la red SS7.

**CMS (Servidor de administración de llamadas):** Se encarga de realizar el control de las llamadas telefónicas, establecer la señalización para controlar los diversos dispositivos de la red y controlar las puertas de enlace (Gateway) con la red telefónica pública conmutada.

**CMTS (Sistema de Terminación de Cable módem):** Este dispositivo se encarga de administrar los recursos de la red de acceso para la creación de flujos de servicio dinámico. El CMTS se encarga también de la activación y el registro de los eMTA que ingresan por primera vez a la red Packetcable.

**Componentes Activos:** Cualquier circuito que contiene dispositivos de amplificadores, tales como tubos o transistores.

**Componentes Pasivos:** Circuitos que operativamente, incapaces de amplificar y oscilar, no requieren energía para funcionar. Por ejemplo divisores, derivaciones, acopladores.

**C/N (Razón Portadora a Ruido):** La razón de la potencia pico de la portadora a la potencia media cuadrática del ruido en un ancho de banda.

**Desencriptación:** Traducción de una señal encriptada para recuperar el mensaje o la señal original.

**DES:** Estándar de encriptación de datos, ciber bloque de 64 bits con una llave de 56 bits.

**DHCP:** Protocolo de red, que permite al administrador de llamadas, distribuir de forma centralizada las direcciones IP automáticamente.

**DOCSIS (Especificaciones de Interfaces de Servicios de datos sobre Cable):** Conjunto de especificaciones que gobierna la comunicación entre el MTA y el CMTS.

**Downstream o Forward (Cauce de bajada):** Señales que viajan de la cabecera a los hogares del suscriptor.

**DSP:** Es un procesador digital encargado del tratamiento digital de señales.

**DTMF (Tonos de Multi Frecuencia duales):** Par de tonos generados por un teléfono convencional analógico.

**Eco (o Reflexión):** Una onda que ha sido reflejada hacia uno o más puntos en el medio de transmisión, con la suficiente magnitud y la diferencia de tiempo para ser percibida de cierta manera como una onda diferente de la transmisión principal o primaria. Los ecos pueden estar delante o detrás de la onda primaria y aparece en el monitor de imagen como reflejos o “fantasmas”.

**Encriptación:** Interferir con una señal electrónica o reorganizarla de tal manera que solamente los suscriptores autorizados puedan descryptarla para recibir el mensaje o la señal original.

**Enlace Troncal:** El enlace mayor entre la cabecera y las líneas alimentadoras de la red.

**Estándares:** Son criterios técnicos mínimos que deben ser cumplidos por sistemas de redes de distribución.

**Fibra Óptica:** Fibras de cristal sumamente delgadas que permiten la flexión y reflexión de haces de luz con bajos niveles de pérdida.

**HFC:** Red híbrida Fibra/Cable Coaxial, sistema de distribución de cable, por el cual, las señales (video, voz y datos) viajan sobre los dos medios (fibra óptica, cable coaxial).

**HP:** Home Passed (Casas pasadas). Número de casas por donde pasa la red.

**HTML:** Lenguaje de Marcación de Hipertexto. Usado para construir páginas sobre la WWW.

**ISUP:** Servicios integrados en redes digitales en la parte de usuario. Protocolo empleado en PacketCable para transportar la información de señalización entre el MG y el MGC.

**Kerberos:** Es un protocolo de validación de autenticación utilizado en varios sistemas de red.

**Llave:** Una secuencia de bits en concordancia con un algoritmo de seguridad con el cual se obtiene el ciber texto.

**MTA:** (media terminal adapter). Terminal adaptador multimedia. Dispositivo usado para establecer la interfaz usuario – cabecera.

**MG (media gateway).** Medio de encaminamiento de salida. Medio encargado de la interconexión PacketCable - PSTN.

**MGC (media gateway controller).** Controlador de Medio de Salida. Encargado de controlar al MG.

**MGCP (Protocolo de control del medio de salida):** Protocolo base, sobre el cual se estructura, el protocolo NCS empleado en redes PacketCable.

**Monitoreo:** Método para vigilar o someter a prueba los parámetros del sistema basados en un P.C.

**MSO (Operador Múltiple de Servicios):** Compañía propietaria de más de un sistema (TV, datos y demás).

**NCS (Redes basadas en señalización de llamadas):** Protocolo encargado de establecer la señalización y controlar la llamada en la red PacketCable.

**Nodo:** Un punto de derivación o intercambio en la red en el que la luz se convierte en energía eléctrica.

**PacketCable:** Es un estándar que permite implementar los servicios de telefonía y servicios multimedia en redes de cable mediante el conjunto de especificaciones desarrolladas por CableLabs.

**PSTN:** Red pública de telefonía conmutada. Red de telefonía ordinaria basada en circuitos conmutados.

**QAM:** Modulación de Amplitud de Cuadratura. Sistema multiestados de amplitud modulada. El número de estados determina la eficiencia y robustez en presencia de ruido.

**QoS (Calidad de Servicio):** Usada en el flujo de información para garantizar el ancho de banda y latencia necesaria.

**Retorno (Upstream):** Las señales que viajan desde los suscriptores hasta la cabecera.

**SA (Asociación de seguridad):** Interfase entre dos elementos de la red que asegura el paso del tráfico a través de mecanismos de criptografía.

**SG (Señalización de salida):** Encargado de establecer interfaces de señalización entre las dos redes (PacketCable/PSTN).

**SS7 (Sistema de señalización #7):** Es un sistema de señalización fuera de banda empleado en la red PSTN.

**TCAP (Protocolo de aplicación de capacidad de transacciones):** Capa de aplicación que proporciona acceso a bases de datos remotas para información de enrutamiento.

**TGCP (Protocolo de control de enlaces troncales):** Es una variación del protocolo MGCP, empleado para controlar el MG.

**Telefonía:** Uso u operación de un aparato para la transmisión de sonidos entre puntos ampliamente retirados con o sin alambres de conexión.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- GRANT, William. Televisión por cable. Tercera edición. Society of Cable Telecommunications Engineers, Inc. Exton, Philadelphia, 1994.
- CICIORA, Walter. Modern Cable Televisión Technology, San Francisco, CA, 1999.
- EVANS, D.R. Digital Telephony over Cable, USA, 2001.
- RIDDEL, Jeff. PacketCable Implementation, Indianapolis, USA, 2007.
- MOTOROLA DATACOM. IP Telephony over HFC Networks (Technical Information).

## BIBLIOGRAFÍA EN INTERNET

- [www.motorola.com](http://www.motorola.com)
- [www.scte.org](http://www.scte.org)
- [www.cablelabs.com](http://www.cablelabs.com)
- [www.packecable.com](http://www.packecable.com)
- [www.cntv.gov.co](http://www.cntv.gov.co)
- [www.cintel.org.co](http://www.cintel.org.co)
- [www.mintic.gov.co](http://www.mintic.gov.co)
- [www.intraway.com](http://www.intraway.com)
- [www.lodedata.com](http://www.lodedata.com)