

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**HFC SOLUCIÓN COMPETITIVA PARA NUESTRO MEDIO PARA
TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE VIDEO, VOZ Y DATOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

TEOFILO OMAR SHUAN MENDEZ

**PROMOCIÓN
2004 - I**

**LIMA – PERÚ
2009**

**HFC SOLUCIÓN COMPETITIVA PARA NUESTRO MEDIO PARA
TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE VIDEO, VOZ Y DATOS**

DEDICATORIA:

A DIOS, A MI PADRE EN EL CIELO Y A MI MADRE

SUMARIO

La telefonía (así como el video y datos) es un enorme y creciente componente del mercado de las telecomunicaciones, en un entorno cada vez más competitivo, que muchos de los proveedores de servicios ofrecen.

Como los servicios y tecnologías de convergencia, el híbrido fibra-coaxial es la forma más eficaz de prestar este y otros servicios de forma flexible y rentable. HFC es fácil de instalar, crece gradualmente y proporciona la potencia para manejar grandes volúmenes de servicios de banda ancha y una serie de protocolos. También promete la capacidad para dar cabida a cambios, una certeza en el futuro previsible.

Debe ser compatible con tecnologías emergentes como la compresión de video y el ATM. Debe coexistir perfectamente con el modelo actual de transmisión de video analógico. Así mismo, el estándar debe proveer flexibilidad en la asignación de frecuencias hacia y desde las cabeceras, así como también, obviamente debe permitir flujo de datos tanto simétricos como asimétricos.

Para aquellos que o bien se preparan para ofrecer la telefonía o tienen la esperanza de esa opción en el futuro es el tiempo para planificar ahora. Si las redes se construyen a partir de cero, son ampliadas, o convertidas a partir de un solo servicio a multiservicio, la correcta arquitectura HFC determinará las capacidades y los ingresos del mañana.

INDICE

PRÓLOGO	
INTRODUCCION A LA RED HFC	2
CAPITULO I	
ESTUDIO DEL MERCADO	5
1.1 Estadísticas hasta el 2004	7
1.1.1 Televisión por Cable	7
1.1.2 Internet	8
1.1.3 Telefonía Fija	9
1.1.4 Cuadros estadísticos según estratos Socioeconómicos	10
1.2 Estadísticas hasta el 2008	11
1.2.1 Indicadores del servicio de Telefonía Fija	11
1.2.2 Indicadores del Servicio de Distribución de Radiodifusión por Cable ...	13
1.2.3 Indicadores del servicio de acceso a Internet	14
1.3 Análisis Estadístico Final	15
1.4 Análisis comparativo de Costos en Planta Externa	16
CAPITULO II	
LA RED HÍBRIDA FIBRA-COAXIAL	19
2.1 Sistema de Cable TV	19
2.1.1 Cabecera	21
2.1.2 Red Troncal	24
2.1.3 Red de Distribución	28
2.1.4 Red de Acometida de Abonado	32
2.2 Arquitecturas de Red	37
2.2.1 Arbol y Rama	37
Backbone de Fibra	37
2.2.3 Hibrid Fibra Coaxial (HFC)	3
2.2.4 Otra alternativa	3

CAPITULO III

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA RED HFC	40
3.1 Ancho de Banda de la Red	42
3.2 Tipo de Arquitectura	42
3.3 Niveles en las salidas del Tap	43
3.4 Porcentaje de Diseño	44
3.5 Número máximo de Amplificadores en cascada	45
3.6 Niveles de entrada y salida de los Amplificadores	46
3.7 Crossover	46
3.8 Ubicación del nodo	47
3.9 Diagrama de Acoplamiento	47
3.10 Pérdidas del Coaxial	48
3.11 Selección de Dispositivos Activos y Pasivos	49
3.11.1 Consideraciones para los equipos Activos	50
3.11.2 Uso de Herramientas y Software	57
3.11.3 Verificación del Diseño	57
CONCLUSIONES	59
ANEXO A	
ALGUNOS PROBLEMAS EN LA RED HFC	61
ANEXO B	
EQUIPOS EN CABECERA	66
ANEXO C	
GLOSARIO	71
BIBLIOGRAFÍA	74

PRÓLOGO

Estamos en un momento donde las Telecomunicaciones son necesarias, tanto para las Empresas, para el Gobierno, para los Militares, las Religiones, etc. y donde el que brinde las mejores condiciones para que este servicio se lleve a cabo tendrá mucho éxito.

Consideramos que tanto la introducción de servicios de video por parte de operadores tradicionales de telefonía, como el agregado de voz en la paleta de servicios de los operadores de cable presenta un escenario convergente que se traducirá en un único mercado donde competir, en el cual se conjuguen tanto las telecomunicaciones como el entretenimiento.

El objetivo de este informe es presentar una solución al problema del limitado ancho de banda existente para la gran demanda del medio local e informar sobre la necesidad de usar la tecnología idónea para la transmisión de voz, video y datos, nos referimos a la red HFC “Híbrida Fibra-Coaxial”, que actualmente es usado pero solo para dar servicio a un grupo reducido de abonados en los principales distritos de la Capital.

Finalmente brindaremos al lector el conocimiento de la gran cantidad de dificultades para la implementación de dicha red, entiéndase actividades legales, investigación, desarrollo, mantenimiento etc.

INTRODUCCION A LA RED HFC

HISTORIA DE LA TELEVISIÓN POR CABLE:

Los 1940s y 1950s

La televisión por cable se originó en 1948 como un servicio a los hogares situados en zonas montañosas o alejadas geográficamente donde la recepción de la señal de televisión era pobre. Las antenas se levantaron en las cimas de las montañas u otros puntos, siendo los hogares cableados y conectados a estas torres para recibir las señales emitidas.

A fines de los 50s los operadores de cable comenzaron a tomar ventaja de su capacidad de recoger las señales emitidas desde cientos de kilómetros de distancia, el acceso a estas "señales distantes" ocasionó un cambio en el enfoque de la función del cable que inicialmente solo era usado para transmisión local de señales de radiodifusión hacia proporcionar nuevas opciones de programación.

Los 1960s

Se colocaron restricciones a la capacidad de los sistemas de cable de importar señales de televisión distantes. Esta acción tuvo el efecto de congelar el desarrollo de sistemas de cable en los principales mercados.

Los 1970s

Se lanzó el primer canal pay-TV de red - Home Box Office (HBO). Esta iniciativa dio lugar a la creación de un Sistema Nacional de Distribución por satélite que utiliza una nueva transmisión por satélite doméstico. Los Satélites cambiaron dramáticamente los niveles de la empresa, allanando el camino para el crecimiento explosivo del número de canales.

A finales de la década, en EEUU casi 15 millones de hogares eran abonados al cable.

Los 1980s

La distribución por satélite, permitió a la industria de cable convertirse en una fuerza importante en el suministro de vídeo de alta calidad de entretenimiento e información a los consumidores.

Los 1990s

En EEUU aproximadamente 7 de cada 10 hogares, más de 65 millones de hogares, habían optado por suscribirse al cable. En 1998, el abonado promedio podía elegir entre una amplia selección de programas de calidad, con más del 57% de todos los abonados recibiendo 54 canales o más.

2000 y más allá

Lógicamente la evolución de las redes CATV (Community Antenna Television o Cable Televisión) ha ido pareja con la evolución de la tecnología:

La sucesiva aparición de

- cables coaxiales con menores pérdidas,
- amplificadores de mayor potencia y gran ancho de banda,
- los controles de ganancia y pendiente,
- la introducción de la fibra óptica en redes de transporte,
- el abaratamiento de los equipos de la fibra,
- el nacimiento de los nuevos módems de cable y la liberación de las comunicaciones de voz,

Han hecho que en la actualidad las redes HFC sean una alternativa a los sistemas de telecomunicaciones tradicionales.

Debido al uso del cable de fibra óptica y cable coaxial, los sistemas de cable utilizando la alta velocidad por cablemódem, puede ofrecer acceso a una velocidad cientos de veces más rápido que las líneas telefónicas tradicionales.

La historia de la televisión por cable está todavía en evolución. Importantes inversiones en nuevas infraestructuras y servicios se esperan, como empresas de cable que trabajen en forma cableada e inalámbrica además de servicios de telefonía y datos en el mercado.

En la actualidad ya no se habla de redes de CATV sino de redes de telecomunicaciones de banda ancha.

Los orígenes de la televisión por cable en el Perú

El más cercano antecedente del cable apareció en 1983 con la fundación del canal 27 UHF, pues era una señal restringida a los aparatos de televisión que podían recibir esa señal y

que contaban con una antena circular. La idea era que con el tiempo el público gracias a estas primeras señales gratuitas se suscribiera al servicio y adquiriera su decodificador. La señal, que se transmitía en horario nocturno, era de videos musicales y películas sin cortes comerciales.

En Lima aparece formalmente el cable en 1989 gracias a la compañía Telecable, fundada por los Delgado Parker (antes había funcionado un sistema de cable ilegal o sin licencia en la ciudad de Iquitos). De esta manera, se difundió el nuevo servicio a medida que se expandía el cableado urbano. En un principio, no todos los distritos estaban cableados. Solo San Isidro y algunas zonas de Miraflores pudieron disfrutar viendo canales del exterior. Además, la instalación no era barata: 150 dólares; y una mensualidad de 40 dólares. En 1993 apareció Cable Mágico de la compañía Telefónica, y la competencia aceleró la expansión del servicio que termina dándole la ventaja a Cable Mágico hacia 1995. La tarifa mensual también se redujo a 35 dólares (sin costo por instalación) por un paquete de casi 80 canales, existiendo otros “paquetes” con menos canales a precios más cómodos. No olvidemos de otro lado que hacia el 2000 se calculó en más de 30% la instalación clandestina de cable en Lima. Por último, debemos decir que otras compañías de cable más modestas, algunas de ellas ilegales, han funcionado en forma intermitente en las ciudades del interior con relativo éxito.

CAPITULO I

ESTUDIO DEL MERCADO

Antes de entrar en detalle con el estudio de mercado es importante conocer alcances de leyes sobre Telecomunicaciones en el Perú y puntualmente que leyes rigen sobre los servicios de distribución de Cable:

El artículo 92° del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones mediante D.S. N° 005-98-MTC, clasifica a los Servicios de Difusión en:

- i) Servicios Públicos de Difusión;
- ii) Servicios Privados de Difusión; y
- iii) Servicios de Radiodifusión: Privados de Interés Públicos (Radiodifusión Sonora y Radiodifusión de Televisión).

El artículo 93° de la misma norma, clasifica como Servicios Públicos de Difusión, entre otros, al Servicio de Distribución de Radiodifusión por Cable.

Según el artículo 94° del Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones, el servicio de distribución de televisión por cable se define como “aquel que distribuye señales de radiodifusión de multicanales a multipunto a través de cables y ondas radioeléctricas, desde una o más estaciones pertenecientes a un mismo sistema de distribución, dentro del área de concesión.

También es importante conocer que en el Perú hay un Ente regidor de los servicios de Telecomunicaciones creado por el Gobierno llamado OSIPTEL.

La Ley de Desmonopolización Progresiva de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones (Ley N° 26285) establece que OSIPTEL es competente exclusivamente para los servicios públicos de telecomunicaciones. En tal sentido,

OSIPTEL no tiene competencia sobre los servicios privados de difusión, ni sobre los servicios de radiodifusión (privados de interés público).

En lo que se refiere al mercado de los servicios públicos de difusión, OSIPTEL cuenta con potestad para desempeñar la función normativa, supervisora, fiscalizadora y sancionadora, de solución de controversias y de solución de reclamos de usuarios.

El siguiente gráfico resume la clasificación de servicios y el ámbito de competencia de OSIPTEL:

Técnicamente	PORTADOR	FINAL O TELESERVICIO	DIFUSIÓN	VALOR AÑADIDO
	PUBLICO	PUBLICO	PÚBLICO	PUBLICO
Por su utilización y Naturaleza		PRIVADO	PRIVADO	PRIVADO
			PRIVADO DE INTERÉS PÚBLICO (RADIODIFUSIÓN)	

Fuente: Osiptel - Informe Situación del Mercado de Televisión por Cable

Fig. 1.1 Competencia de Osiptel

Asimismo, desde julio del año 2000, OSIPTEL tiene competencia para resolver controversias surgidas entre una empresa operadora de servicios públicos de telecomunicaciones y empresas no operadoras de tales servicios, siempre que dicha controversia se plantee como consecuencia de acciones u omisiones que afecten o puedan afectar el mercado de servicios públicos de telecomunicaciones.

Información estadística obtenida de OSIPTEL y del MTC sobre cada servicio que involucra el HFC (Televisión por Cable, Internet y Telefonía fija) ha permitido hacer un análisis del comportamiento del mercado.

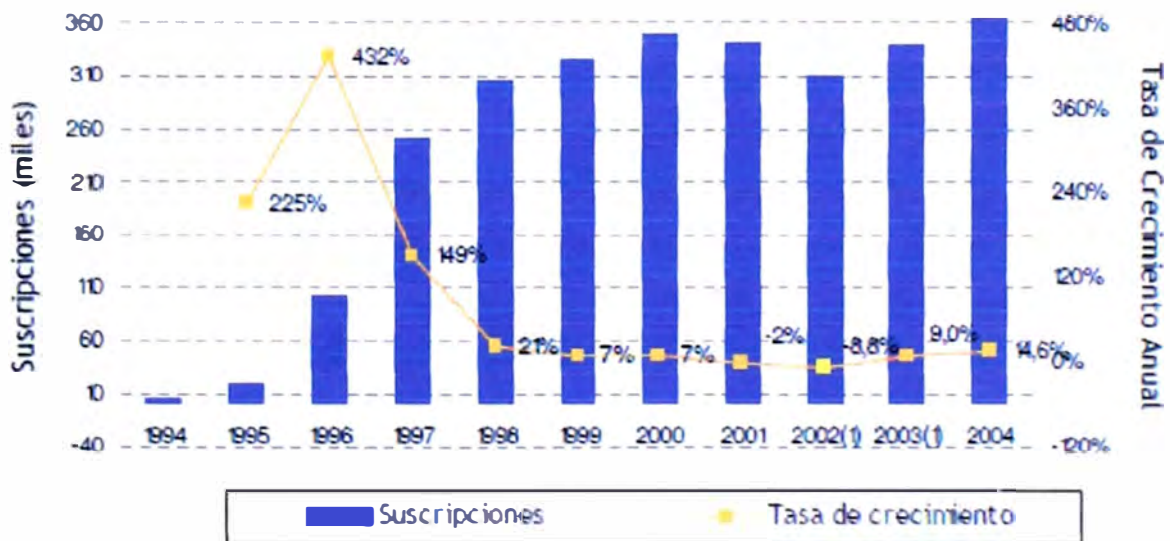
Se ha decidido abarcar el estudio en 2 partes, primero analizar un estudio estadístico hasta el 2004 para luego complementar con el análisis estadístico al 2008, esto de manera ilustrativa para las comparaciones y así de manera fácil entender la problemática planteada en este informe de suficiencia.

1.1 Estadísticas hasta el 2004

1.1.1 Televisión por Cable:

En el Perú existe un gran número de pequeñas empresas que ofrecen el servicio de televisión por cable, pero la empresa más importante en este mercado es Telefónica Multimedia S.A.C.

En el año 1994 existían 6 empresas formales en el negocio de televisión por cable, de este grupo, Telecable, Cablesistemas y CPT (actualmente Telefónica) operaban en Lima. Posteriormente, el número de concesiones para la prestación de dicho servicio se incrementó sostenidamente hasta ser 176 a diciembre del 2004. Asimismo, el número de suscriptores de televisión por cable, medido por el número de suscriptores de la empresa Telefónica, se incrementó, entre 1994 y 2004, a una tasa promedio anual de 52% (ver Fig. 1.2)



Fuente: Osiptel - Compendio de Estadísticas del Sector Telecomunicaciones en Perú

Fig. 1.2 Evolución de suscripciones – Telefónica del Perú

A diciembre del 2004 el número total de abonados al servicio de difusión por cable a nivel nacional ascendió aproximadamente a 389,174. De estos el 84% (alrededor de 328,674) corresponden al departamento de Lima mientras que el 16% (alrededor de 60,500) corresponden al resto de departamentos.

Los departamentos con mayor número de abonados después de Lima son La Libertad con aproximadamente 15,511 suscriptores (que representa el 4.05% respecto del total de abonados), Arequipa con aproximadamente 15,244 (4.00%) y Lambayeque con 6,978

(1.80%). Mientras que en el resto de departamentos se registran menos de 23 mil abonados de este servicio, cifras que independientemente representan a lo más 6.00% respecto del total de abonados; siendo Pasco el departamento con menor número de abonados: 469 que representa sólo el 0,1% respecto del total.

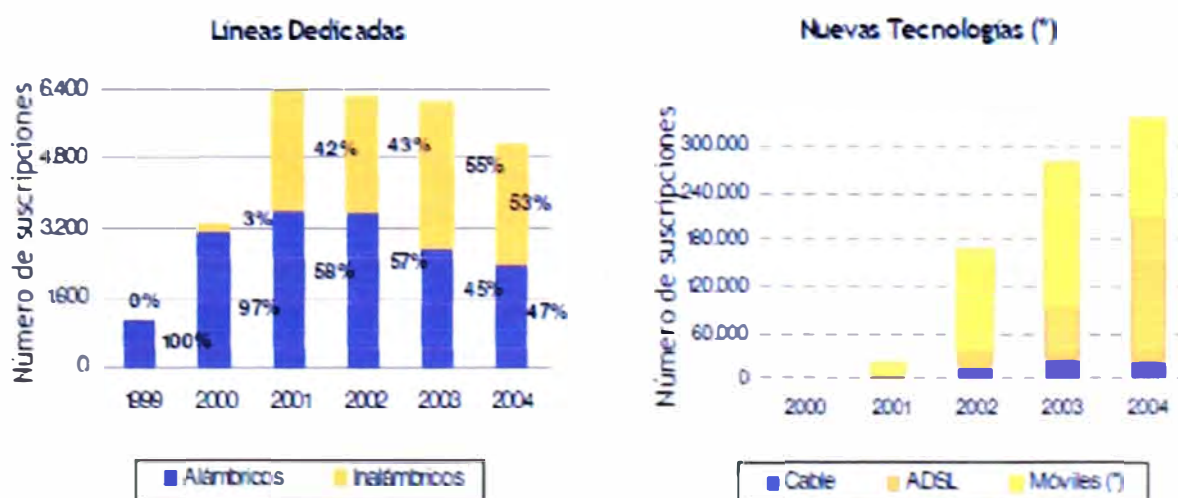
Esto fue una breve mirada a las estadísticas nacionales de televisión por cable al 2004, pero por el momento debemos abarcar solo Lima ya que nuestra red HFC será diseñado para operar al inicio solo en Lima.

1.1.2 Internet:

El mercado de internet ha mostrado un gran crecimiento en estos últimos años.

El número de suscriptores que acceden a través de la red telefónica pública conmutada a través de líneas fijas analógicas o líneas fijas digitales aumento en 77% entre los años 1999 y 2003, sin embargo entre los años 2003 y 2004 esta cifra se redujo en 34%. El uso de líneas dedicadas para acceder a Internet creció notablemente entre 1999 y 2001, sin embargo a partir de ese año el número de líneas dedicadas alámbricas se ha ido reduciendo, entre estas causas esta el uso de nuevas tecnologías para acceder a Internet.

En el año 2000 se inicio la prestación comercial de acceso a Internet a través de nuevas tecnologías que emplean otras redes de acceso, como la red de televisión por cable (cablemódem) y las redes de servicios móviles (WAP). En el año siguiente se comenzó a ofrecer acceso a través de la tecnología ADSL. Así, a diciembre de 2001, existían más de 7 mil suscripciones de acceso a Internet a través de ADSL y cablemódem; y a diciembre del 2004 estas superaron las 185 mil.



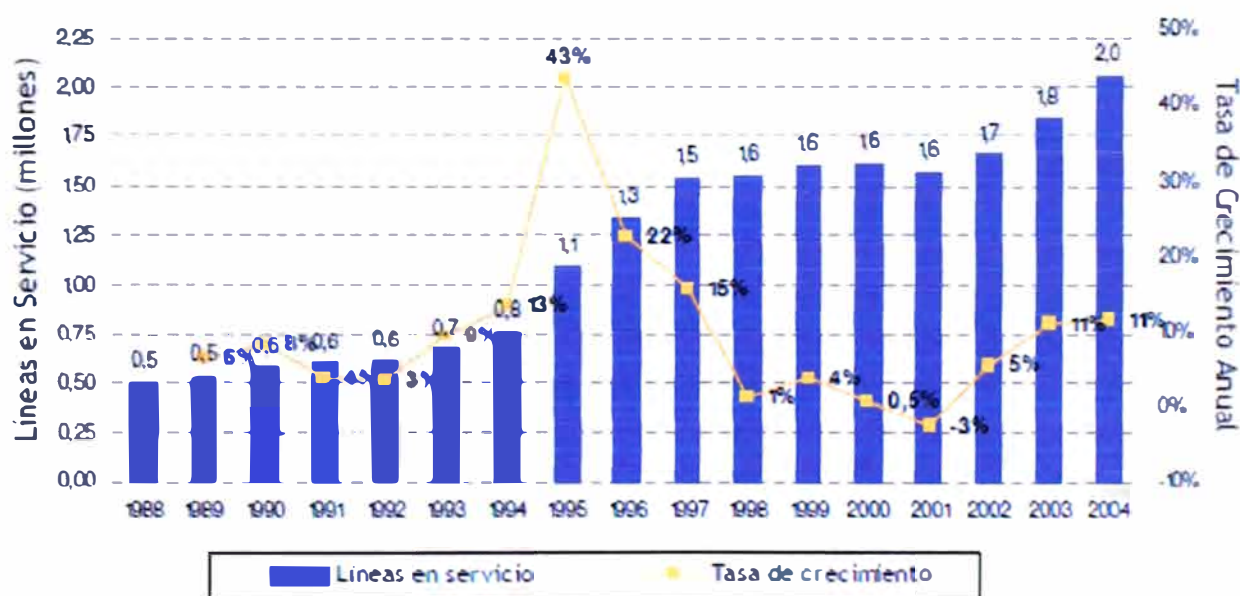
Fuente: Osiptel - Compendio de Estadísticas del Sector Telecomunicaciones en Perú

Fig. 1.3 Evolución de suscripciones de acceso a Internet por modalidad

Como se puede apreciar de la figura 1.3, hasta el 2004 el acceso a internet mediante cablemódem no fue muy popular, posteriormente se comparará con estadísticas actuales para notar el cambio inesperado.

1.1.3 Telefonía Fija:

El mayor crecimiento en la prestación del servicio de telefonía fija se dio en el año 1995, año en el cual las líneas de servicio se incrementaron en 43%, como consecuencia de la satisfacción de la demanda existente antes de la privatización de las empresas públicas de telecomunicaciones. Hasta el año 1997, el número de líneas en servicio se incrementó y en los años siguientes se mantuvo alrededor de 1.7 millones a nivel nacional (Ver Fig. 1.4)

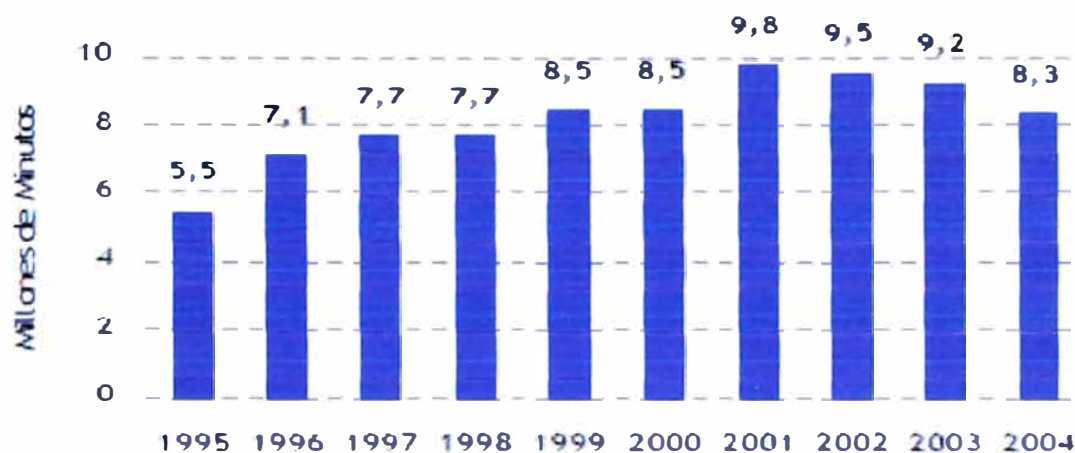


Fuente: Osiptel - Compendio de Estadísticas del Sector Telecomunicaciones en Perú

Fig. 1.4 Evolución de Líneas en servicio de Telefonía fija

Según datos de Apoyo Opinión y Mercado correspondientes al año 2003, en Lima Metropolitana 44% de los hogares cuenta con teléfono fijo; en el nivel socioeconómico (NSE) A el 100% y en el NSE E el 4%.

Hasta el año 2000, el tráfico de llamadas locales se incremento conjuntamente con el número de líneas telefónicas en servicio; sin embargo, en los años siguientes el tráfico local fijo-fijo se redujo (ver fig. 1.5), esto debido al incremento de las comunicaciones móviles.



Fuente: Osiptel - Compendio de Estadísticas del Sector Telecomunicaciones en Perú

Fig. 1.5 Tráfico local – Telefónica del Perú

Actualmente el servicio telefónico fijo es prestado por cuatro grandes empresas: Telefónica del Perú, Telmex Perú, Americatel Perú e Impsat Perú, de las cuales sólo la primera opera a nivel nacional, mientras que las otras 3 operan solamente en Lima y solo Telmex que está ingresando poco a poco a algunas provincias.

Ahora con los datos obtenidos por la encuestadora Apoyo Opinión y Mercado en el 2004 en el país, tendremos una idea más clara del mercado en el cual estamos proyectando iniciar.

1.1.4 Cuadros estadísticos según estratos Socioeconómicos:

Tabla 1.1 Tenencia de Teléfonos Fijos, por estrato - Lima Metropolitana

% de Hogares	Estratos socioeconómicos					
	Total	A	B	C	D	E
1993	17	92	54	10	1	-
1994	22	100	68	16	1	-
1995	28	100	75	21	1	-
1996	37	100	84	36	7	-
1997	42	100	83	44	13	-
1998	48	100	86	52	21	-
1999	49	99	94	62	25	7
2000	49	100	95	62	23	4
2001	46	98	85	50	24	3
2002	45	99	91	58	30	7
2003	44	100	85	59	30	4

Fuente: Apoyo Opinión y Mercado S.A.

Tabla 1.2 Tenencia de Televisión por Cable, por estrato - Lima Metropolitana

% de Hogares	Estratos socioeconómicos					
	Total	A	B	C	D	E
1993	2	31	2	0	0	-
1994	2	47	2	0	0	-
1995	3	33	4	1	0	-
1996	6	59	16	1	0	-
1997	10	88	21	3	0	-
1998	20	81	51	18	1	-
1999	18	84	56	16	3	0
2000	23	95	68	23	5	2
2001	23	96	59	22	5	1
2002	22	90	65	20	6	2
2003	26	93	60	30	15	2

Fuente: Apoyo Opinión y Mercado S.A.

Tabla 1.3 Tenencia de Acceso Domiciliario a Internet, por estrato - Lima Metropolitana

% de Hogares	Total	A	B	C	D	E
1999	4	54	8	0	0	0
2000	5	53	21	0	0	0
2001	5	50	13	2	0	0
2002	4	56	12	0	0	0
2003	7	73	21	2	0	0

Fuente: Apoyo Opinión y Mercado S.A.

Sabemos que en nuestra Capital los sectores B, C y D son la mayoría, vemos que al 2004 un buen número de este sector cuenta con teléfonos fijos, otro número no tan alto cuenta con Televisión por cable (sin contar las conexiones clandestinas) y un número bien pobre cuenta con conexión a internet, estas estadísticas hasta la actualidad ha variado mucho como vamos a corroborar con el análisis estadístico siguiente.

1.2 Estadísticas hasta el 2008

1.2.1 Indicadores del servicio de Telefonía Fija

A septiembre de 2008, la densidad en telefonía fija llegó a 9,8 líneas en servicio por cada 100 habitantes. Asimismo, el número de líneas en servicio de telefonía fija aumentó a 2 811 956, superior en 6.8% al nivel registrado a septiembre de 2007.

Ahora bien, si se analiza la distribución territorial de la provisión del servicio, se observa que en términos del número de líneas en servicio, el departamento de Lima, incluida la Provincia Constitucional del Callao, concentra el 63.6% del total nacional, presentando así una teledensidad de 18,3 líneas por cada 100 habitantes (ver Tabla 1.4 y Fig 1.6). Le siguen en orden, los departamentos de Arequipa y La Libertad con densidades telefónicas iguales a 10,8 y 9,4 respectivamente.

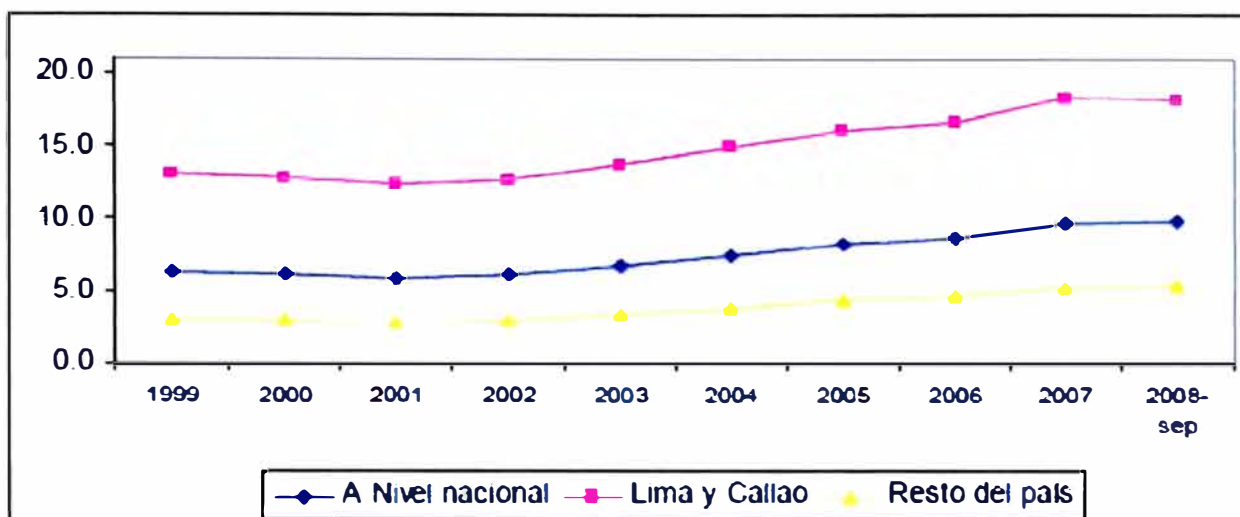
Respecto a la estructura de mercado, se observa la participación mayoritaria de un operador, Telefónica del Perú S.A.A., que reúne el 82,47% de líneas en servicio. el porcentaje restante se encuentra distribuido entre 10 operadores, entre los cuales destaca Telefónica Móviles S.A. (antes BellSouth), con el 14,19% del total de líneas; le siguen Telmex Perú S.A., Americatel Perú S.A., IMPSAT Perú S.A., Infoductos y Telecomunicaciones del Perú S.A., Gilat To Home Perú S.A., Rural Telecom S.A.C., Convergía Perú S.A., NEXTEL del Perú S.A. (antes Millicom Perú S.A.) y Valtron E.I.R.L. Respecto a las tecnologías de acceso al servicio, a septiembre de 2008, el 84,26% de las líneas tienen acceso por medio de tecnología alámbrica, el 15,67% tiene acceso por medio inalámbrico y el 0,07% restante por medio satelital.

Por otro lado, a septiembre de 2008, se tiene 880 distritos con disponibilidad del servicio. Es importante destacar la contribución del sector de telefonía fija en el desarrollo de la economía interna. Así, a septiembre de 2008 se contaba con 15 798 empleos generados por las empresas operadoras de dicho servicio.

Tabla 1.4 Densidad del servicio de Telefonía fija y servicio móvil

INDICADORES/AÑO	2004	2005	2006	2007	2008-sep
LIMA Y CALLAO					
EXPANSION DE LINEAS					
Líneas de telefonía fija instaladas	1,547,417	1,696,619	1,829,319	1,946,693	2,127,483
Líneas de telefonía fija en servicio	1,335,345	1,442,461	1,525,184	1,686,924	1,787,384
Líneas móviles en servicio	2,795,351	3,597,193	5,203,276	8,238,006	9,995,618
Densidad Telefónica					
Líneas de telefonía fija instaladas	17.4	18.95	20.02	21.34	21.8
Líneas de telefonía fija en servicio	15.01	16.09	16.69	18.5	18.3
Líneas móviles en servicio	31.42	40.14	56.95	90.32	102.3
RESTO DEL PAÍS					
Líneas de telefonía fija instaladas	902,479	943,901	1,044,364	1,232,732	1,234,247
Líneas de telefonía fija en servicio	714,477	808,461	875,420	986,428	1,024,572
Líneas móviles en servicio	1,297,207	1,986,163	3,568,878	7,179,241	9,576,985
Densidad Telefónica					
Líneas de telefonía fija instaladas	4.8	5.2	5.6	6.6	6.5
Líneas de telefonía fija en servicio	3.8	4.4	4.7	5.3	5.4
Líneas móviles en servicio	6.9	10.9	19.3	38.6	50.8
TOTAL NACIONAL					
Líneas de telefonía fija instaladas	2,449,896	2,640,520	2,873,683	3,179,425	3,361,730
Líneas de telefonía fija en servicio	2,049,822	2,250,922	2,400,604	2,673,352	2,811,956
Líneas móviles en servicio	4,092,558	5,583,356	8,772,154	15,417,247	19,572,603
Densidad Telefónica					
Líneas de telefonía fija instaladas	8.8	9.7	10.4	11.5	11.7
Líneas de telefonía fija en servicio	7.4	8.3	8.7	9.6	9.8
Líneas móviles en servicio	14.8	20.5	31.7	55.6	68.4

Fuente: Osipitel - Estadísticas de Servicios públicos de Telecomunicaciones a nivel nacional



Fuente: Osiptel – Estadísticas de Servicios públicos de Telecomunicaciones a nivel nacional

Fig. 1.6 Evolución de la densidad de Telefonía fija

1.2.2 Indicadores del Servicio de Distribución de Radiodifusión por Cable

El número de abonados del servicio de televisión por cable a septiembre de 2008, alcanzó los 895 320 abonados (ver Tabla 1.5). El departamento de Lima y la Provincia Constitucional del Callao concentran el 74,2% del total de abonados.

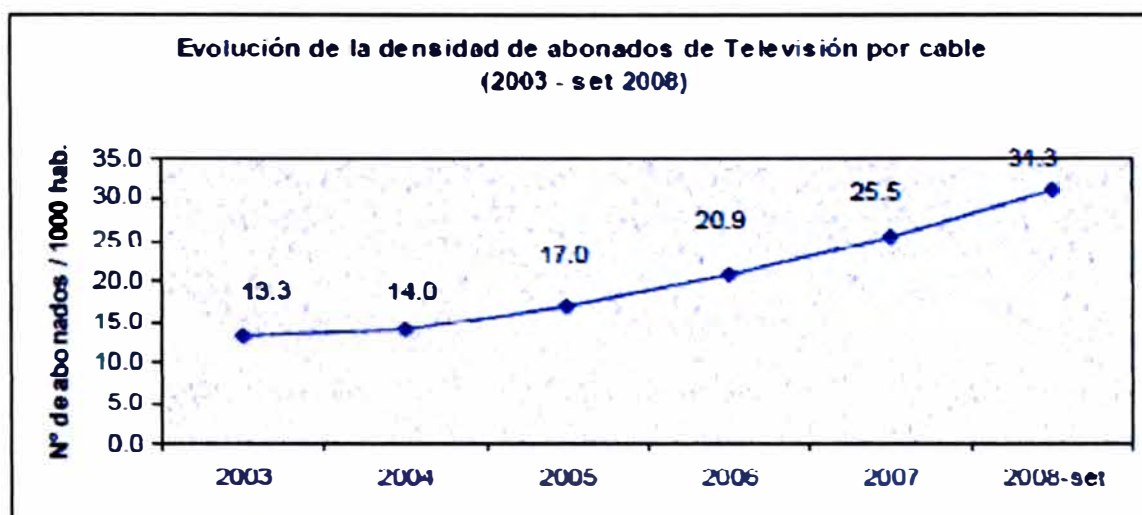
El nivel de penetración del servicio alcanzado a septiembre de 2008, fue de 31.1 abonados por cada 1000 habitantes a nivel nacional (ver Fig 1.7).

En cuanto a la distribución del número de abonados por empresa, se observa que el 72,15% de ellos corresponde a Telefónica Multimedia S.A., el 5,65% a DirecTV Perú, seguida de TELMEX Perú S.A. con el 5,09%. El resto de empresas cuenta con el 17,10%.

Tabla 1.5: Densidad del servicio Televisión por cable

INDICADORES / AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008-set
ABONADOS CABLE						
Lima y Callao	309,847	328,674	391,017	476,452	550,783	664,260
Resto del país	53,241	60,500	71,194	102,877	155,219	231,060
A nivel nacional	363,088	389,174	462,211	579,329	706,002	895,320
DENSIDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008-set
A nivel nacional	13.3	14.0	17.0	20.9	25.5	31.3

Fuente: Osiptel – Estadísticas de Servicios públicos de Telecomunicaciones a nivel nacional



Fuente: Osiptel – Estadísticas de Servicios públicos de Telecomunicaciones a nivel nacional

Fig. 1.7 Evolución de la densidad de abonados a Televisión por Cable

1.2.3 Indicadores del servicio de acceso a Internet

En la misma línea, se puede destacar el crecimiento de conexiones de Banda Ancha, que a septiembre de 2008 alcanzaron las 703 701 conexiones, superior en 30,87% respecto a septiembre del 2007.

Asimismo, el número de suscriptores de Internet ha tenido un crecimiento de cerca del 6,91% entre el segundo y tercer trimestre del presente año llegando a 693 914 suscriptores a nivel nacional (complemento de la Tabla 1.6). El departamento de Lima y la Provincia Constitucional del Callao concentran el 69,63% del total de suscriptores. El siguiente departamento que cuenta con el mayor número de suscriptores es La Libertad con 5.14% del total y en tercer lugar se encuentra Arequipa que cuenta con 4,74% del total de teléfonos públicos.

En cuanto a la distribución del número de suscriptores por empresa, se observa que el 94,93% de ellos corresponde a Telefónica del Perú S.A.A., el 1,99% a Telmex Perú S.A. mientras que el resto de empresas cuenta con menos del 1% del total de suscriptores cada una.

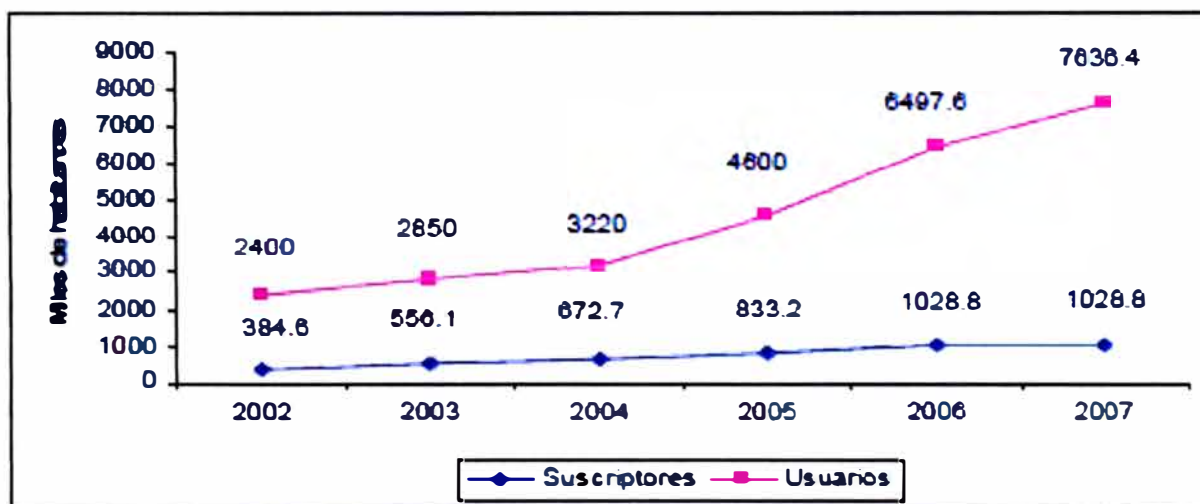
Por otro lado, a septiembre de 2008, se tiene 1 342 distritos con disponibilidad del servicio de acceso a Internet.

Tabla 1.6 Evolución del número de suscriptores y usuarios de internet a nivel nacional 2002-2007

Años	2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	Miles	Dens.	Miles	Dens.	Miles	Dens.	Miles	Dens.	Miles	Dens.	Miles	Dens.
Suscriptores	384.6	1.44	556.1	2.03	672.7	2.42	833.2	2.98	1028.8	3.62	1028.8	3.62
Usuarios	2400	8.97	2850	10.39	3220	11.61	4600	16.45	6497.6	22.89	7636.4	27.37

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT

El gráfico siguiente nos muestra la evolución de las densidades de las conexiones a Internet a nivel Nacional.



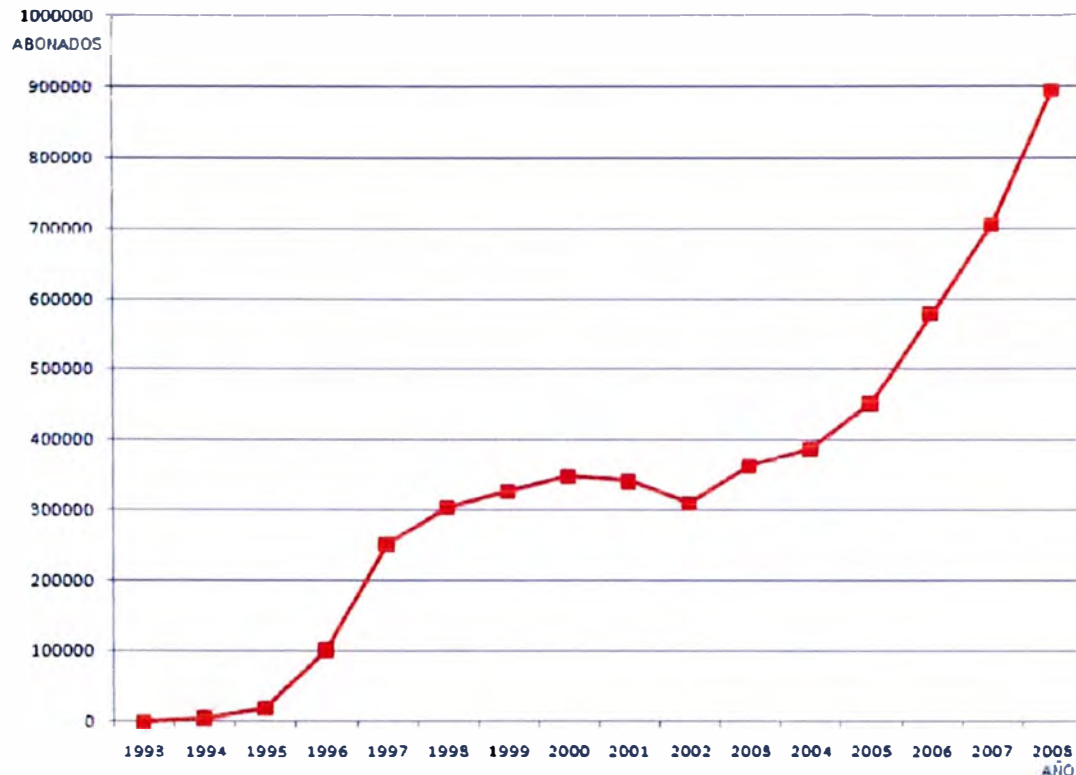
Fuente: Osiptel – Estadísticas de Servicios públicos de Telecomunicaciones a nivel nacional

Fig. 1.8 Evolución de la densidad de conexiones a Internet

1.3 Análisis Estadístico final

De los estudios anteriores se deduce que primeramente el crecimiento era sostenido hasta el 2004 para los 3 servicios, no se proyectaba el asombroso crecimiento ocurrido en el lapso de tiempo seguido hasta ahora. También se deduce por ejemplo que al 2008 el número de abonados de televisión por cable que se tenía al 2004 se ha duplicado y continúa en expectante crecimiento y nos hace pensar que es un mercado que no parará de crecer.

Para notar esto mucho mejor llevaremos a un gráfico las tablas anteriores - ver Fig. 1.9.



Fuente: Osiptel – Estadísticas de Servicios públicos de Telecomunicaciones a nivel nacional

Fig. 1.9 Abonados a TV por cable en los últimos años

¿Por qué se da más énfasis a la televisión por cable?

Porque en la red HFC se puede usar la infraestructura existente de la red de coaxial para CATV y es por donde se pretende añadir 2 servicios adicionales por el mismo cable, solamente migrando la red troncal a fibra óptica.

La red de coaxial existente a estos abonados debe ser aprovechado, instalando equipos como el cablemódem en el cliente, ampliando la red Troncal de fibra óptica, usando amplificadores bi-direccionales, etc.; de hecho si se hace esto, estos mismos abonados se convertirán en clientes tanto de internet como de telefonía. Y además las personas que aún no cuentan con este servicio verán las bondades de este “Triple Play” y lo verán como una gran opción.

1.4 Análisis comparativos de Costos en Planta Externa

Se decide tocar el análisis en planta externa ya que es el área donde realmente se da el gasto mayor para la implementación de la red, el costo del cable a usar por kilómetros es el

punto más importante a considerar. **Los costos en equipamiento son similares en HFC tanto como en cobre ADSL.**

Se presenta a continuación 2 tablas con precios promedios de los cables de telecomunicaciones en el medio.

Tabla 1.7 Precios de diferentes tipos de cable de cobre multipar

Descripción	Costo por metro (\$)
CABLE MULTIPAR CILINDRICO 10-4-C	1.22
CABLE MULTIPAR CILINDRICO 20-4-C	1.56
CABLE MULTIPAR CILINDRICO 30-4-C	1.98
CABLE MULTIPAR CILINDRICO 50-4-C	2.69
CABLE MULTIPAR CILINDRICO 100-4-C	4.26
CABLE MULTIPAR CILINDRICO 150-4-C	6.65
CABLE MULTIPAR CILINDRICO 200-4-C	8.17
CABLE MULTIPAR CILINDRICO 300-4-C	11.95
CABLE MULTIPAR CILINDRICO 400-4-C	13.95
CABLE MULTIPAR CILINDRICO 600-4-C	14.18

Fuente: <http://www.indeco.com.pe/>

Tabla 1.8 Precios de diferentes tipos de cable de fibra óptica

Descripción	Costo por metro (\$)
FIBRA OPTICA MONOMODO 06 HILOS ADSS	1.03
FIBRA OPTICA 06 HILOS MULTIMODO ADSS (CILINDRICA)	1.75
FIBRA OPTICA DE 12F MONOMODO ADSS (CILINDRICA)	1.15
FIBRA OPTICA DE 12F ADSS MULTIMODO TIPO ARMORED	2.05
FIBRA OPTICA DE 24 HILOS MONOMODO ADSS	1.35
FIBRA OPTICA DE 24 HILOS MULTIMODO ADSS	2.75
FIBRA OPTICA DE 48 HILOS MONOMODO ADSS	2.01
FIBRA OPTICA DE 48 HILOS MULTIMODO ADSS	4.71
FIBRA OPTICA DE 96 HILOS MONOMODO ADSS	3.06
FIBRA OPTICA DE 96 HILOS MULTIMODO ADSS	8.95

Fuente: Telmex Perú

Se observa claramente que los cables de diferentes capacidades de fibra son más baratos que el cobre, en enlaces de gran tamaño se ahorrará mucho con el uso de fibra óptica, además del plus de que la fibra complementada con el coaxial en el último tramo nos dará el ancho de banda necesaria para el tráfico bi-direccional. Importante es indicar que

generalmente se trabaja en HFC con fibra monomodo por sus características. (La fibra monomodo es más barata que la multimodo).

Otro punto importante a mencionar en un medio como el nuestro es el tema de la delincuencia, siendo el cobre un material de buen precio en el mercado es constantemente robado para ser vendido, cosa que no ocurre con la fibra ya que el material de fibra de vidrio no tiene mucho valor en el mercado.

Por tanto en comparación de gastos de planta externa el HFC es más que recomendable que la tecnología de cobre ADSL.

En el siguiente capítulo definiremos las características de la red HFC, que como hemos visto surge como una de las soluciones de la problemática del ancho de banda limitado, con la súper creciente demanda de los servicios de voz, telefonía y datos.

CAPITULO II: LA RED HIBRIDA FIBRA-COAXIAL

2.1 Sistema de Cable TV

Un sistema de cable o Red de comunicaciones de banda ancha consiste de los siguientes elementos:

- Cabecera.
- Red Troncal.
- Red de distribución o dispersión.
- Red de acometida de Abonado (incluye la red y equipos interiores del cliente).

La red HFC (Hybrid Fiber-Coaxial) es un sistema de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soportes para la transmisión de señales.

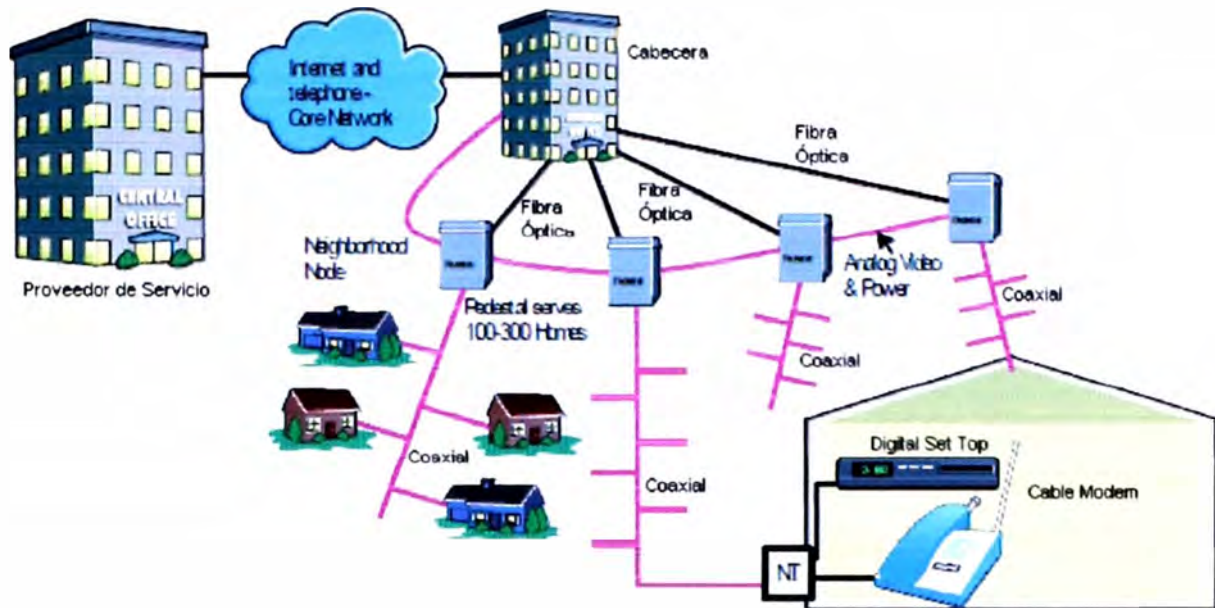
La razón por la cual se combina la fibra y el coaxial es para aprovechar las cualidades que ambos presentan. Por un lado las bajas pérdidas e interferencias de la fibra y por otro el bajo costo y la sencillez de instalación y fácil forma de conectar del cable coaxial. Además se usan por su gran capacidad de soportar señales de altas frecuencias. Ver Fig. 2.1 y 2.2 donde podemos distinguir los elementos básicos de la red HFC.

Una red HFC es un sistema totalmente transparente al tipo de modulación en toda la banda de frecuencias y en las dos direcciones (ascendente-descendente), que permite transmitir/distribuir cualquier tipo de señal y optimizar la interoperabilidad y la interconexión.

Tabla 2.1 Distribución de canales según EIA

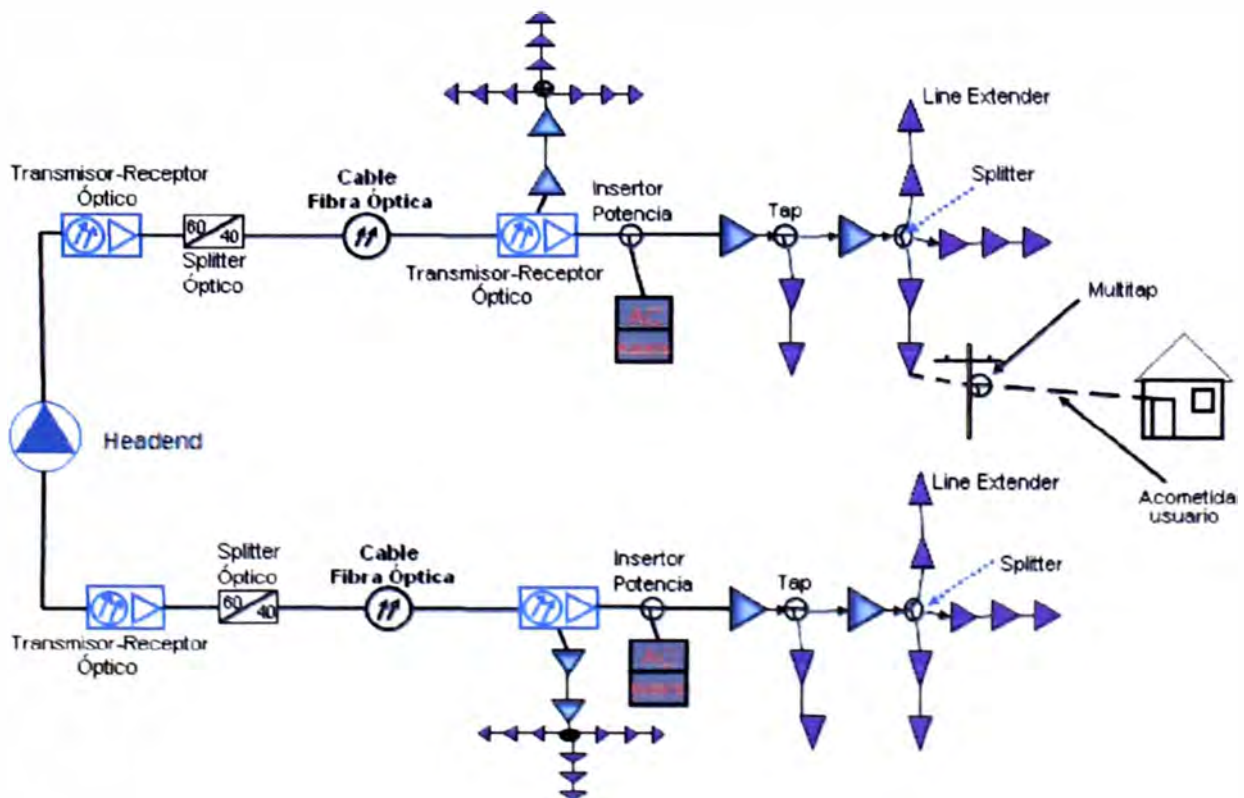
Canal	De(MHz)	A(MHz)	Canal	De(MHz)	A(MHz)	Canal	De(MHz)	A(MHz)
2	54	60	11	108	114	21	168	174
3	60	66	12	114	120	22	174	180
4	66	72	13	120	126	23	180	186
5	72	78	14	126	132	24	186	192
6	78	84	15	132	138	25	192	198
7	84	90	16	138	144	26	198	204
8	90	96	17	144	150	27	204	210
9	96	102	18	150	156	28	210	216
10	102	108	19	156	162	29	216	222
11	108	114	20	162	168	30	222	228

Fuente: Osiptel - Informe Situación del Mercado de Televisión por Cable



Fuente: http://www.iec.org/online/tutorials/hfc_tele/index.html

Fig. 2.1 Red HFC



Fuente: <http://www.pctinternational.com/>

Fig. 2.2 Elementos básicos de una Red HFC

Cada señal de televisión ocupa 6 MHz en el sistema NTSC y modula portadoras de altas frecuencias dentro de este ancho de banda de 6MHz, el cual se denomina el “canal de televisión”. Los canales a su vez están ubicados en rangos crecientes de frecuencia según la tabla 2.1, esta distribución de canales corresponde al estándar americano de la EIA.

Debemos indicar que en la cabecera las señales de programación son ubicadas independientemente en determinados canales haciendo uso de los “up converters”, los cuales proporcionan las portadoras del canal correspondiente (señal del “Canal Fox Sports” al canal 50, señal del “Discovery Channel” al canal 23, etc.). Luego todos estos canales llegan a un “combinador”, el cual actúa como un “multiplexor en frecuencia”, logrando tener en una sola salida todos los canales en sus respectivas frecuencias. Esta salida es la que va al transmisor óptico, el cual enviará toda esta programación en forma óptica a los nodos de distribución.

Finalmente debemos señalar que en el caso de Telefónica Multimedia, para brindar los dos tipos de servicio: básico (canales completos) y económico (sólo una cantidad limitada de todos los canales), el operador recurre a la instalación de “filtros pasabajos” por cada usuario que solicita el servicio económico y los coloca en los “tap boxes” de los postes o en los conectores de los cables de acometida. Para brindar el servicio de canales especiales o “premium” los envía “codificados”, de tal forma que para verlos se requiere de un decodificador.

2.1.1 Cabecera:

- También denominada centro principal de operaciones, es el centro neurálgico de la red y su complejidad dependerá de los servicios que ha de prestar la red.
- Es la encargada de captar las señales de TV (analógicas y digitales) por lo que debe disponer de una serie de equipos de recepción de televisión terrenal, vía satélite y de microondas, así como enlaces con otras cabeceras, o estudios de producción.
- Las señales analógicas se acondicionan para su transmisión por el medio (cable) y se multiplexan en frecuencia en la banda comprendida entre los 86 y 606 MHz, enviándolas a la red.

- Las señales digitales de video, audio y datos que forman los canales de televisión digital se multiplexan para formar el flujo de transporte MPEG.
- Una vez añadida la codificación para corrección de errores y realizada una intercalación de los bits para evitar las ráfagas de errores se utiliza un modulador QAM para transmitir la información hasta el equipo terminal de abonado.
- También se encarga de la conmutación telefónica, tarificación de llamadas, de monitorizar la red y supervisar su correcto funcionamiento (el monitorizado se está convirtiendo en un requerimiento básico de las redes de cable).

a.- Componentes de la Cabecera:

Para recolección de señales:

- Antenas VHF y UHF.
- Antena parabólica.
- Antena de Microondas.
- Línea telefónica.
- Generador de caracteres.

En el Sistema de distribución Acceso/Multiplexacion

- Mezclador de Red
- Post Amplificadores
- Transmisor Óptico de banda ancha
- Amplificadores
- Divisores Ópticos
- Amplificadores de retorno, transmisores y receptores ópticos.

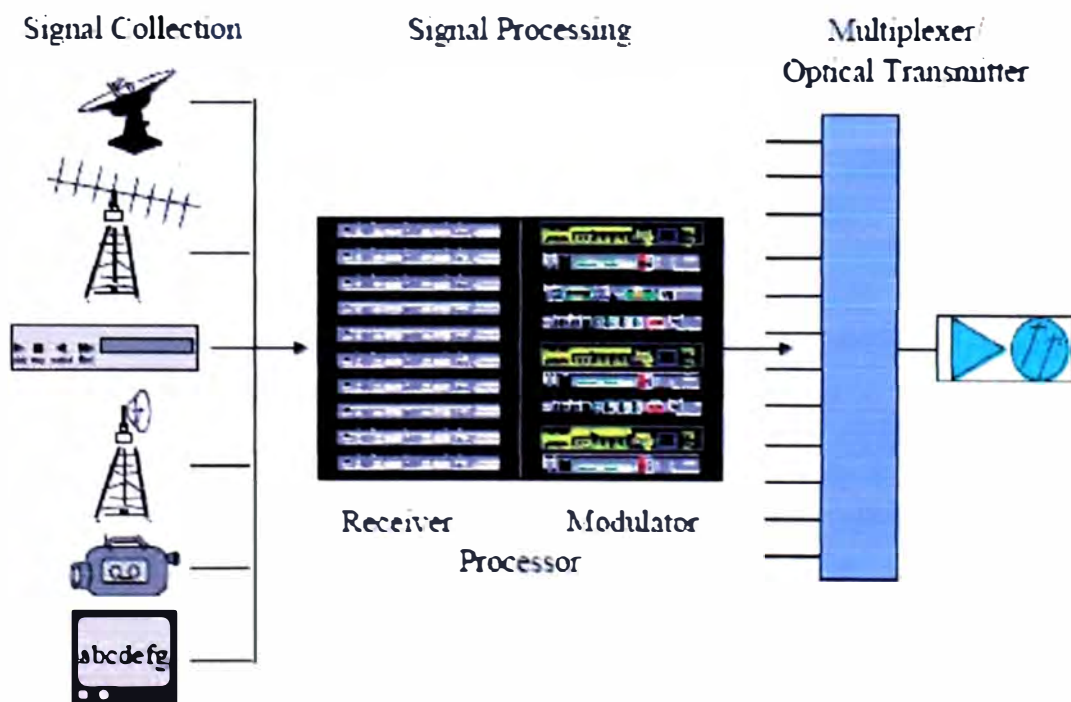
Procesadores de señales / control de la red

- Moduladores
- Procesadores
- Demoduladores
- Receptores de satélite
- Audio Moduladores
- Codificadores de datos
- Controlador direccionable
- Estado de monitoreo

b.- Procesamiento de Señales de Cabecera:

Equipos situados en Cabeceras utilizados para el procesamiento de señales pueden incluir:

- receptores de satélite analógico
- receptores de satélite digitales
- Decodificadores de Satélite
- Moduladores de RF (video banda base para RF)
- Procesadores (VHF / UHF para conversiones RF)
- Receptores de microondas
- Codificadores estéreo
- Elección de música
- Demoduladores
- Controlador direccionable
- Los codificadores de datos
- Sistemas de apoyo operativos



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Ver detalles del Receptor y Modulador en Anexo B

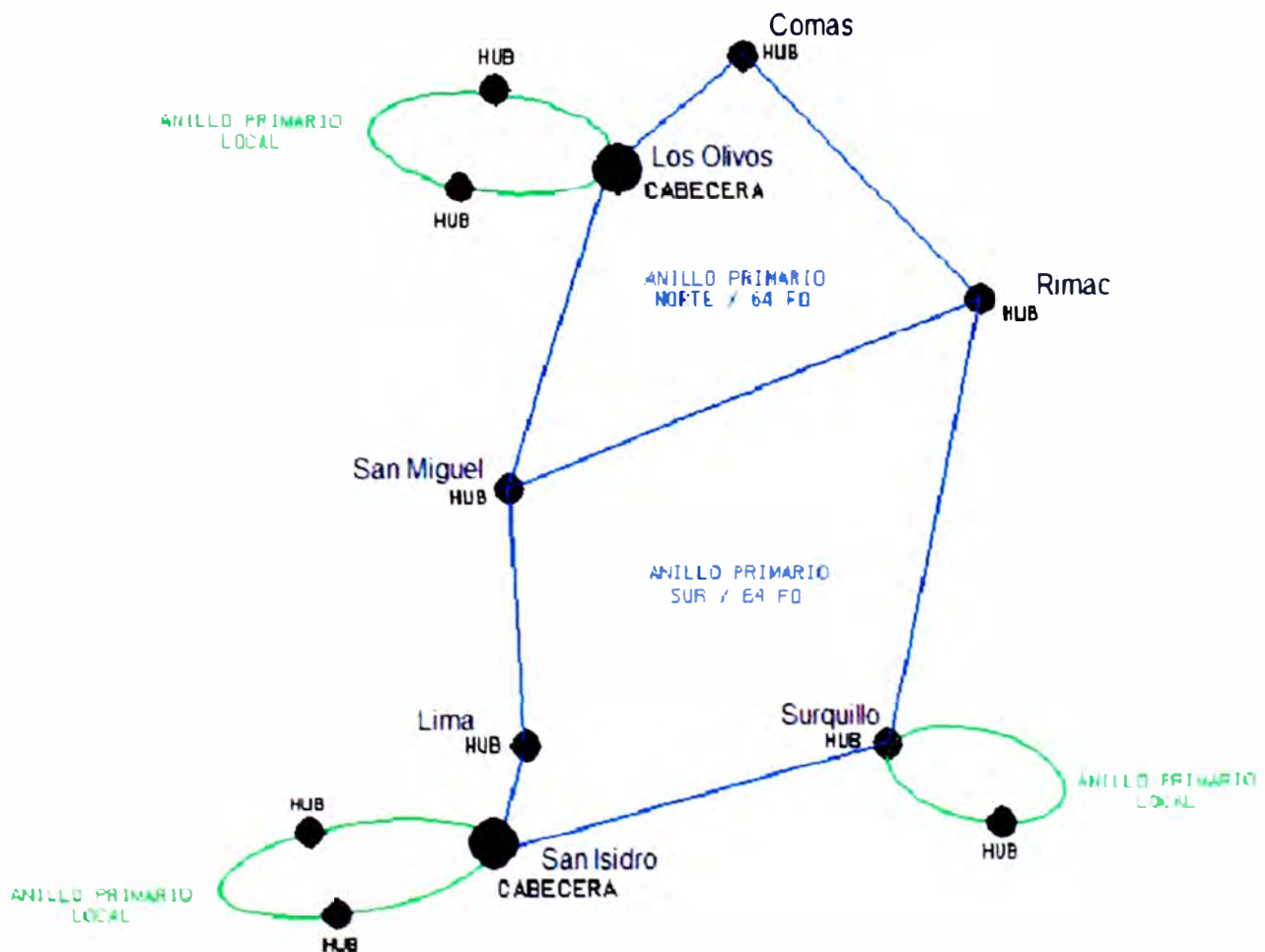
Fig. 2.3 Diagrama de componentes de Cabecera

Los canales individuales de la TV (RF), moduladores y procesadores heterodinos son combinados usando el mezclador de red. Las señales mezcladas son amplificadas por el amplificador de baja distorsión para proporcionar los correctos niveles de señales de entrada hacia los transmisores ópticos.

2.1.2 Red Troncal

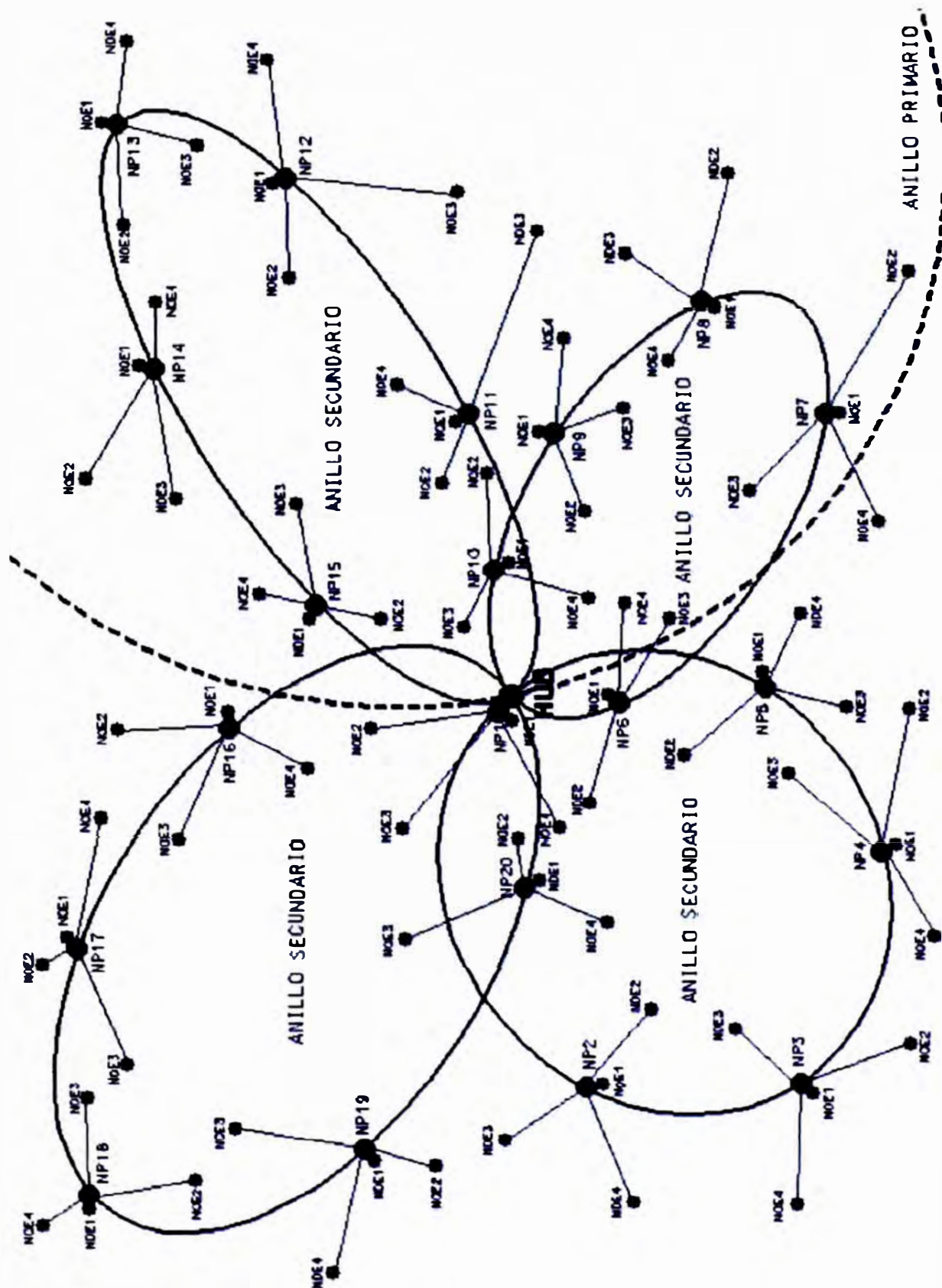
- Es la red por la cual se distribuyen todas las señales y suele presentar una estructura en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios o HUBs.
- Esta estructura emplea habitualmente tecnología PDH ó SDH que permite construir redes basadas en ATM.
- Generalmente se compone a su vez de otras redes:
Red Troncal Primaria (urbana o interurbana),
Secundaria y
Terciaria.
- La red troncal primaria interurbana, corresponde al despliegue de la fibra óptica desde la Cabecera hasta los diferentes HUBs, configurándose en forma de doble anillo redundante. Esta estructura permite ofrecer servicio aunque el anillo quede abierto en algún punto, generalmente debido a roturas fortuitas en la realización de trabajos de obra civil o eventuales actos vandálicos.
- Esta red se desarrolla aprovechando grandes infraestructuras existentes en el territorio, como son: autopistas, autovías, túneles, líneas de ferrocarril, líneas eléctricas de alta tensión, red de saneamiento, etc.
- La red troncal primaria urbana o local, tiene topología en anillo redundante simple y se encarga de unir los Hubs de núcleos urbanos de más de 40.000 unidades inmobiliarias, entre si. El cable utilizado debería de ser de 96 fibras ópticas, con el fin de no limitar el posterior crecimiento de la red. – Ver Fig. 2.4.
- La red troncal secundaria, también tiene topología de anillo y se encarga de unir los diferentes nodos de potencia (NP) entre si.

- De cada HUB partirán 4 anillos que formarán 4 redes troncales secundarias compuestas por 5 nodos de potencia cada una.
- En total, cada anillo secundario alimentará a una media de 10.000 unidades inmobiliarias (2000 unidades por nodo de potencia), estableciéndose el área de cobertura de la zona HUB en 40.000 unidades inmobiliarias.
- La red troncal terciaria tiene topología en estrella (a veces también anillo) y su misión es unir cada nodo de potencia con cada uno de los nodos optoelectrónicos (NOE) a los cuales alimenta – ver Fig. 2.5 y 2.6.
- Estas zonas NOE están compuestas por una media de 600 unidades inmobiliarias, agrupándose generalmente en grupos de cuatro para formar una zona de cobertura de nodo de potencia.



Fuente: Telmex Perú

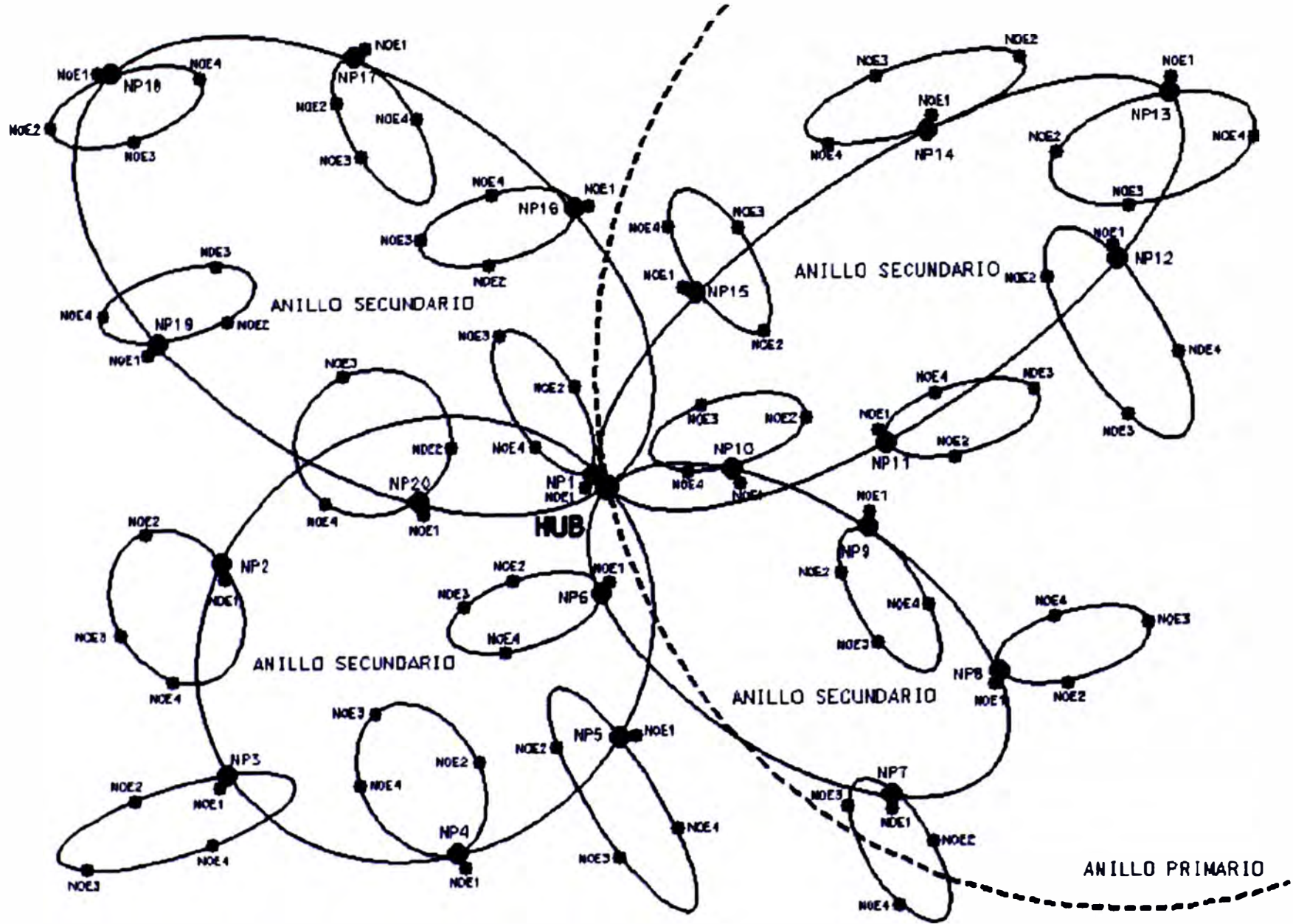
Fig. 2.4 Ejemplo de Red Troncal en Lima Norte



Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo

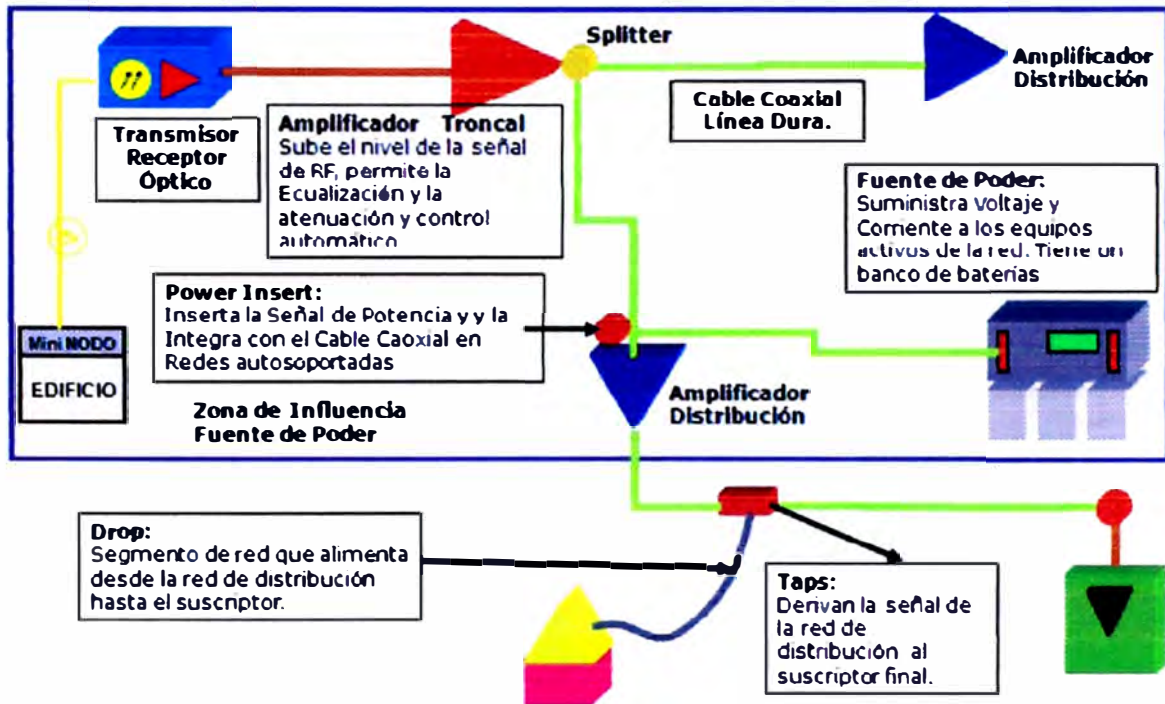
Fig. 2.5 Esquema de Red HFC con distribución en estrella

Fig. 2.6 Esquema de Red HFC con distribución en anillo



a.- Componentes de la Red Troncal:

Los componentes de la Red Troncal los podemos visualizar en la Fig 2.7 siguiente (recuadro azul).



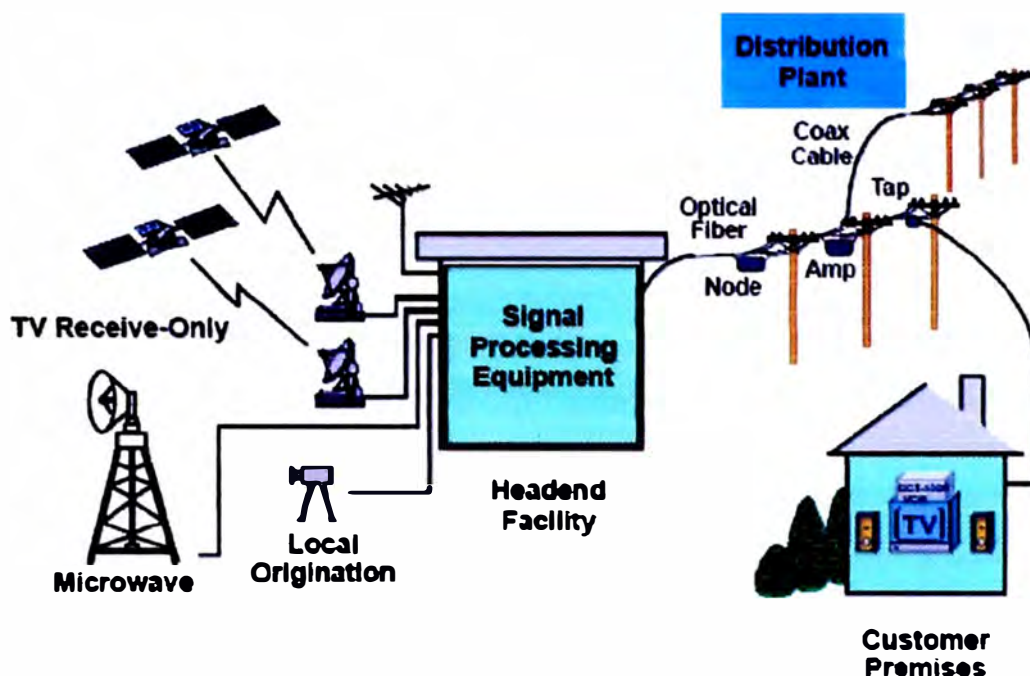
Fuente: <http://www.pctinternational.com/>

Fig. 2.7 Componentes de la Red Troncal

2.1.3 Red de Distribución

- Esta red está compuesta por fibra óptica, cable coaxial y par trenzado.
- Su misión es interconectar todos aquellos equipos o elementos que se encuentran entre el nodo optoelectrónico y el abonado y son comunes a un grupo de edificaciones: amplificadores RF, derivadores, splitters, acopladores, cajas terminales, etc, como se ve en Fig. 2.8.
- Cada nodo sirve a unos pocos cientos de hogares (500 es un tamaño habitual en las redes HFC), lo cual permite emplear cascadas de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha como máximo. Con esto se consiguen unos buenos niveles de ruido y distorsión en el canal descendente (de la cabecera al abonado)
- Un problema que presenta la estructura tipo árbol típica de la red de distribución en una red HFC es que, así como todas las señales útiles ascendentes convergen en

un único punto (nodo óptico), también las señales indeseadas, ruido e interferencias, recogidas en todos y cada uno de los puntos del bus de coaxial, convergen en el nodo, sumándose sus potencias y contribuyendo a la degradación de la relación señal a ruido en el enlace digital de retorno.



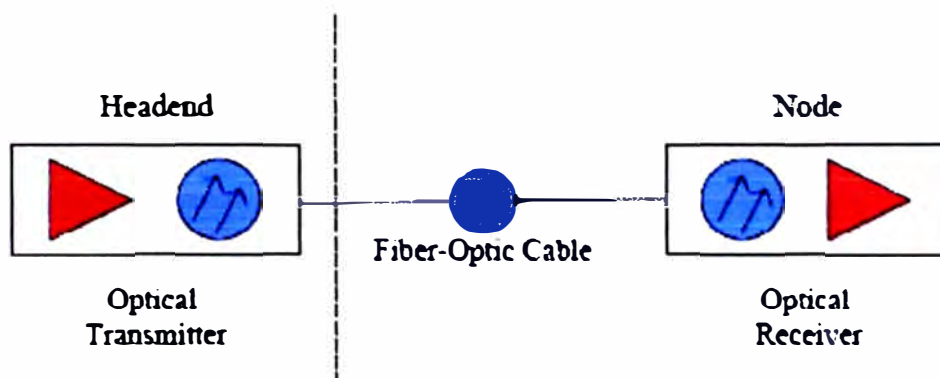
Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.8 Diagrama de un Sistema de Cable.

A.- Componentes del Sistema de distribución

- Nodo
 - Cable de Fibra Óptica
 - Receptores Fotodetectores
 - Transmisor de retorno
 - Bloques Conversores
 - Transpondedor de mantenimiento
- Fuente de Poder
- Transporte de señal
 - Cable coaxial
 - Divisores
 - acopladores direccionales
 - Taps
- Amplificadores

- a. **Nodo:** El nodo está compuesto por el receptor óptico, nodo amplificador de lanzamiento y transmisor de retorno.



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.9 Diagrama de transmisión con Fibra óptica

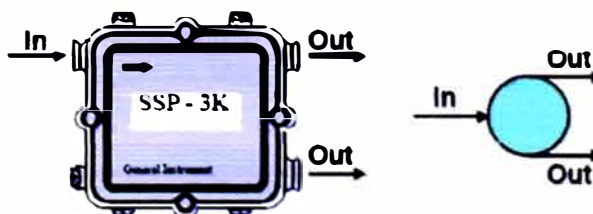
- b. **Fuente de Poder:** La Red del sistema de energía es alimentada sobre el coaxial con la instalación de una unidad de reserva de 60 voltios o 90 voltios conectado a la compañía eléctrica local.

c. **Transporte de señales:**

Dispositivos Pasivos:

➤ **Divisores de Línea / Acopladores**

Un Divisor es usado en un sistema para alimentación de rutas divergentes. Hay variedades de divisores para maximizar el diseño del sistema.

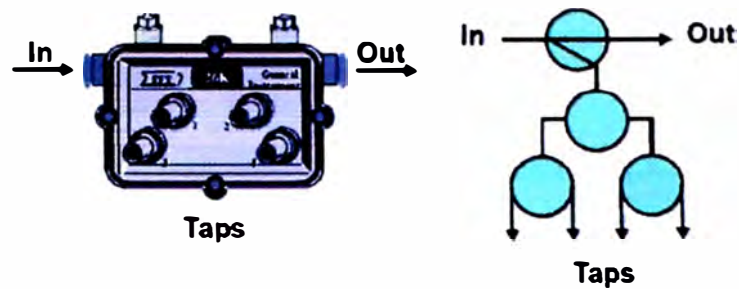


Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.10 Motorola 1 GHz SSP-K Series

➤ **Taps:**

Son dispositivos acopladores que proporcionan señales para transportarlos a través del cable a los clientes. Los taps están disponibles con dos, cuatro y ocho configuraciones de puerto.

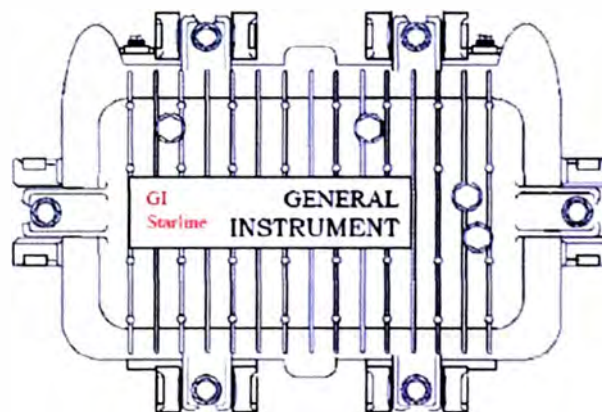


Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.11 Tap Motorola 1 GHz FFT-K Series

d. Amplificadores:

Amplificadores se utilizan para mantener la unidad ganancia en el sistema de distribución. Esto compensa las pérdidas de transmisión que ocurren cuando caen los niveles de señal por debajo de los estándares de diseño predeterminadas para mantener el rendimiento de la red.



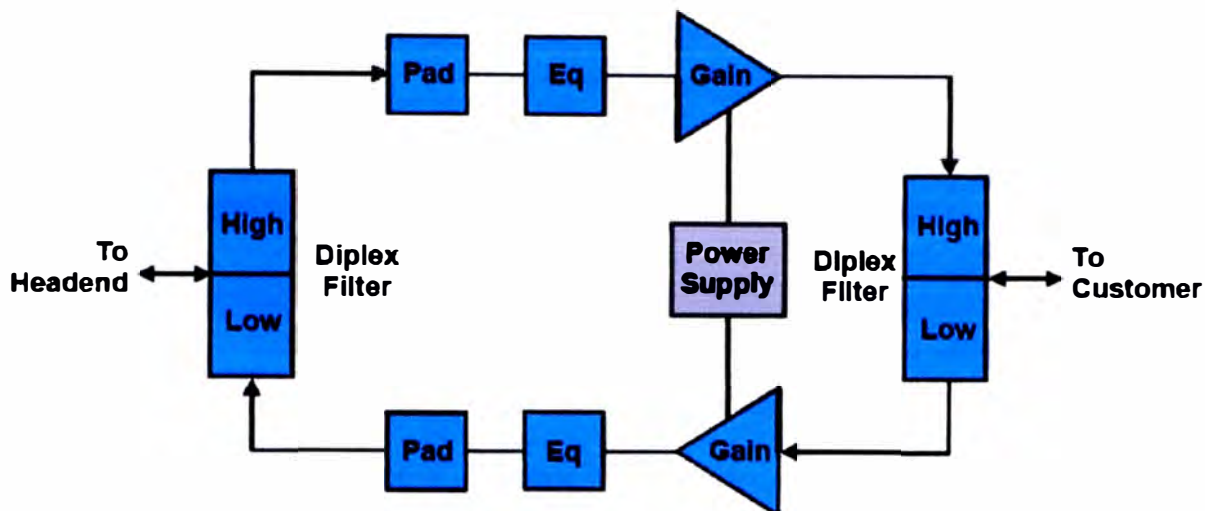
Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.12 Motorola MB 750 DH

El flujo de señal en un amplificador base es dividido por el filtro diplex en dos caminos, ver Fig. 2.13.

Las señales RF bajas (por lo general en los 5 a 40 MHz) se encaminan a partir de la salida (lado cliente) del amplificador, transformados, amplificados y recombinados a través de un segundo filtro diplex en la red coaxial.

Las señales RF altas (50 a 750 MHz) fluyen en sentido contrario (entrada a salida, de la cabecera hacia el coaxial que alimenta a los clientes).



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

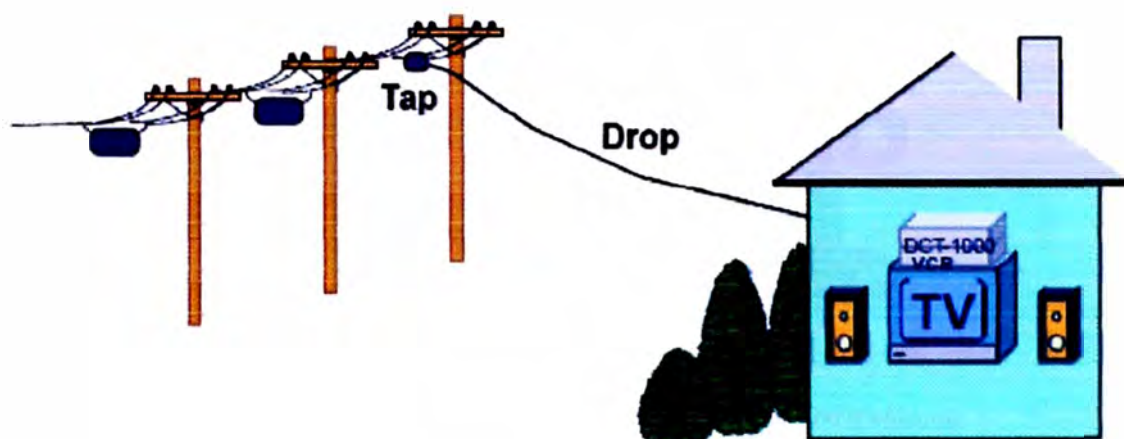
Fig. 2.13 Flujo de señal en un amplificador

2.1.4 Red de Acometida de Abonado

- Es la red de cableado que interconecta los puntos de terminación de red con cada cliente particular.
- También llamada red exterior de cliente (REC) o red de acceso, tiene una topología en estrella, ya que cada abonado tiene su cable particular procedente del punto de distribución (PD) hasta el punto terminación de red (PTR). Esta red acaba justo en el exterior del ámbito privado de cada unidad inmobiliaria, donde comenzará la red interior de cliente (RIC).
- El elemento típico de esta red es el **cable coaxial** y par trenzado (RG-6 siamés). La construcción de esta parte de la red se realizará únicamente en algunos casos, cuando el valor añadido que suponga realizar las verticales de interconexión con los clientes en mazos agrupados de siameses y en una sola actuación sea significativo.
- En el resto de los casos se considera especulativa, es decir, cuando se produzca la demanda del servicio por parte de un cliente, se realizará la instalación del cable que le corresponda, lo que se denomina "alta de abonado". No obstante, la infraestructura necesaria (ubicación de TAPs) estará construida y activada.
- Las tres topologías utilizadas en esta red serán estrella, árbol-rama y pseudo árbol-rama, en función del tipo de estructura edificativa a acometer. Se intentará

maximizar en la medida de lo posible la configuración en estrella, pues es la que garantiza un despliegue más rápido y eficaz de la red.

a.- Componentes necesarios en los Clientes:



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.14 Red de acometida de abonado.

Componentes de distribución local:

- Cable coaxial de acceso (Drop cable)
- Divisores
- Amplificadores locales

Equipos de Usuario

- TV, DVD
- Computador
- Teléfono
- Consola de Videojuego

Acceso a la Red

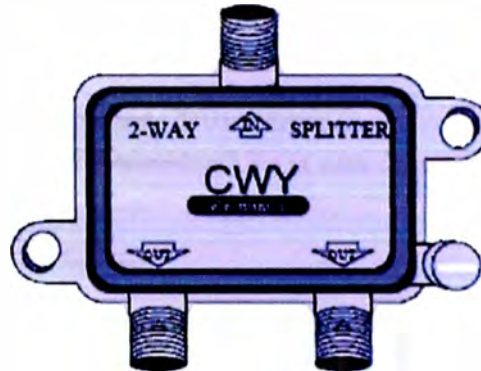
- Cablemódem
 - Convertidor
1. Simple
 2. Direccional

Cable coaxial de acceso:

Conecta la alimentación de parte del sistema de distribución a la casa del abonado.

Divisores:

Son usados para proporcionar múltiples conexiones a un mismo usuario.

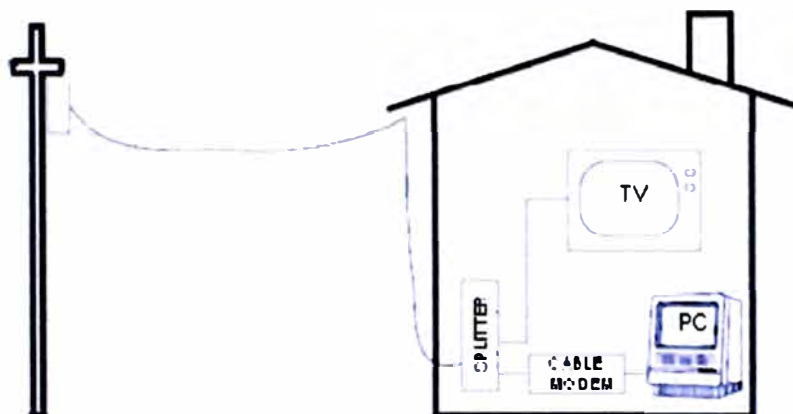


Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.15 Splitter 2 modos

Cablemódems:**Ventajas del Cablemódem:**

- Para la modalidad de doble vía, se cuenta con una alta velocidad de transmisión y recepción de datos.
- Permite recibir a través de Internet: gráficos de alta calidad, audio con calidad de CD y vídeo en tiempo real
- Señal de excelente calidad.
- Para usos domésticos y empresariales se cuenta con la posibilidad de conectar varios equipos en red a un mismo Cablemódem.
- Se garantiza un alto nivel de seguridad.
- Ahorro del costo telefónico.
- Se puede hacer uso de la televisión y hablar por teléfono al mismo tiempo que se está conectando a Internet.



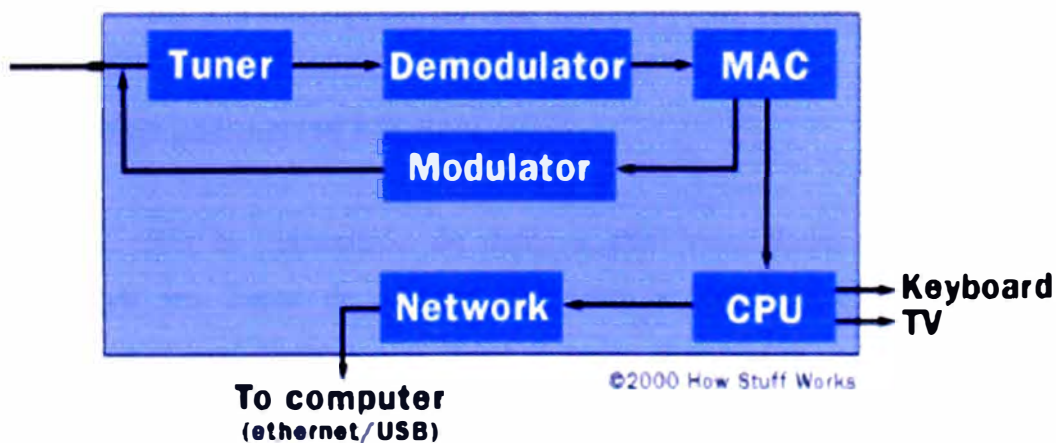
Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.16 ¿Donde instalar el cablemódem? En la casa del usuario – entre el PC y red de cable TV

Estructura del Cablemódem:

- Tuner
- Demodulator
- Modulator
- Media Access Control (MAC) device
- Microprocessor

Cable Modem



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.17 Estructura del cablemódem

Convertidor Simple:

Permiten a los usuarios seleccionar canales que no están disponibles en los aparatos de TV antiguos (sólo seleccionando los canales 2 al 13 de VHF y

UHF). Las características adicionales incluyen canales de 2 / 3 salidas, control de volumen, control paterno de canales para visualizar, canal favorito de programación, salidas estéreo BTSC, y control remoto.

Convertidores Direccionables:

Permiten a los operadores de sistemas el acceso al control de determinados canales a los clientes. Los comandos del convertidor son enviados a la unidad en portadoras moduladas FSK en la banda FM (88 a 108 MHz). Las unidades vienen en dos versiones, un camino y en 2 caminos (señal de retorno del generador). La señal de retorno puede ser enviado a través de la red en el espectro de 5 a 40 MHz a través de línea telefónica.



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.18 Motorola Impulse 7000 Series CFT2200. Terminal direccional.

b.- Especificaciones para acceso a la Red:

Para llevar a cabo la transmisión de datos a altas velocidades se requiere de un dispositivo que sea capaz de adecuar los datos a transmitirse con el medio de transmisión por el cual viajarán. Las redes de cable representan un medio consolidado para poder realizar esta tarea para lo cual el dispositivo que pueda adaptar la tecnología de intercambio de datos por el estándar Ethernet hacia las redes de cable recibe el nombre de cablemódem, éste realiza las funciones requeridas basadas en especificaciones generales para la transmisión de datos a través de las redes de cable construidas.

Las especificaciones de Interfaz para el servicio de Datos sobre Cable (DOCSIS, Data Over Cable Service Interface Specifications) definen los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para el manejo de datos sobre redes de cable, lo que

permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable existente. Los operadores de televisión por cable se basan en estas especificaciones para proporcionar acceso a Internet sobre la infraestructura HFC existente.

Existe una agrupación denominada CableLabs que determina las especificaciones DOCSIS y está constituida por fabricantes de equipos de cable, operadores de CATV y fabricantes de tecnología HFC dedicados a este sector con el fin de contribuir al crecimiento y desarrollo de la tecnología que permita la evolución que requieren los proveedores de servicios a través de cable para poder contribuir al incremento de servicio que se ofrecen en el presente y que exigirán las tecnologías emergentes.

La tecnología de datos está orientada hacia el protocolo IP con lo cual mantiene la flexibilidad de manejo de información en las redes actuales y en internet por lo que abre una brecha muy importante hacia el ofrecimiento de los tres servicios básicos de comunicación: voz, video y datos: el mencionado Triple Play.

Las especificaciones DOCSIS indican que el servicio de internet a través de una red de cable debe ser totalmente transparente para el usuario en lo que corresponde al manejo de las interfaces RF y al Headend es decir toda la parte de cable constituyendo el Equipo del Circuito terminal de Datos, y el usuario emplearía únicamente el conjunto de protocolos TCP/IP hacia internet desde su computadora indicada como el Equipo Local del Cliente.

2.2 Arquitecturas de Red

2.2.1 Árbol y Ramas:

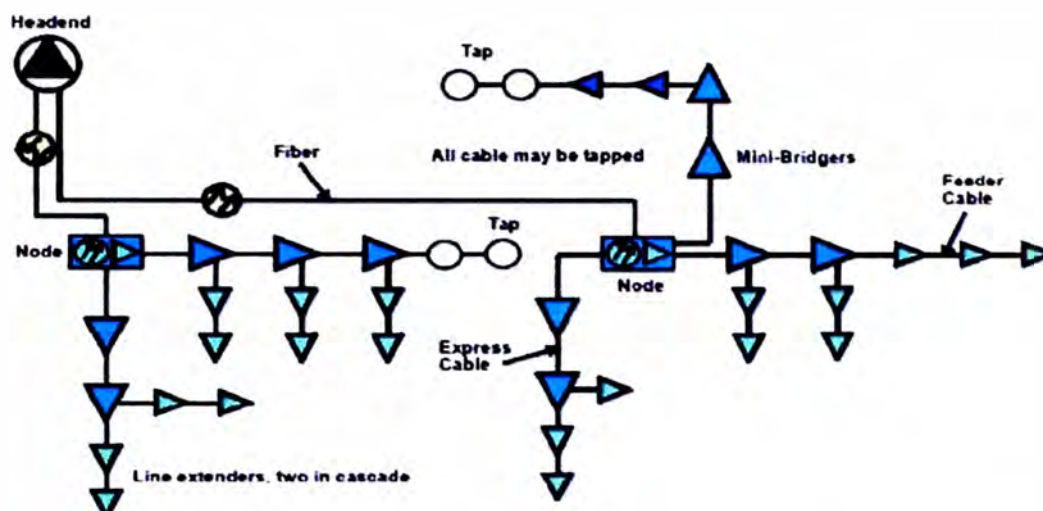
Es la arquitectura original del CATV, Largo tronco con muchos amplificadores en cascada caracterizan a los sistemas construidos con esta arquitectura. Es adecuado para servicios de video.

2.2.2 Backbone de Fibra:

Fue el método inicial del desarrollo de fibra. Los nodos eran ubicados para segmentar la red en pequeñas regiones (5000 a 10000 hogares por nodo) y para reducir el número de amplificadores en cascada, mejorar el rendimiento del sistema. También mejora el rendimiento y capacidad de sistemas de retorno.

2.2.3 Híbrido Fibra Coaxial (HFC):

Es actualmente la arquitectura de red más usada, permite brindar servicio de 125 a 2000 hogares por nodo. HFC reduce amplificadores en cascada para mejorar el rendimiento, confiabilidad y costo. La flexibilidad de HFC hace que sea muy adecuado para el vídeo, voz, datos y servicios interactivos.

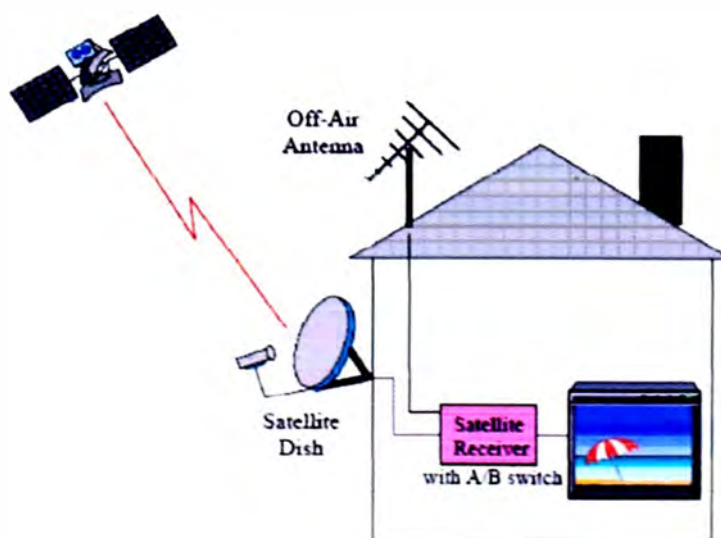


Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.19 Arquitectura Híbrido-Coaxial

2.2.4 Otras alternativas:

Transmisiones directas por Satélite: Direct Broadcast Satellite (DBS): los proveedores de servicios tales como Direct TV, transmiten a los hogares del abonado directamente desde un satélite. El abonado que desea recibir los canales locales necesita una antena y algunos medios para alternar entre el satélite y las señales de radiodifusión local. Los servicios de Internet se encuentran disponibles con DBS.



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.20 Transmisión por Satélite

Sistemas Inalámbricos:

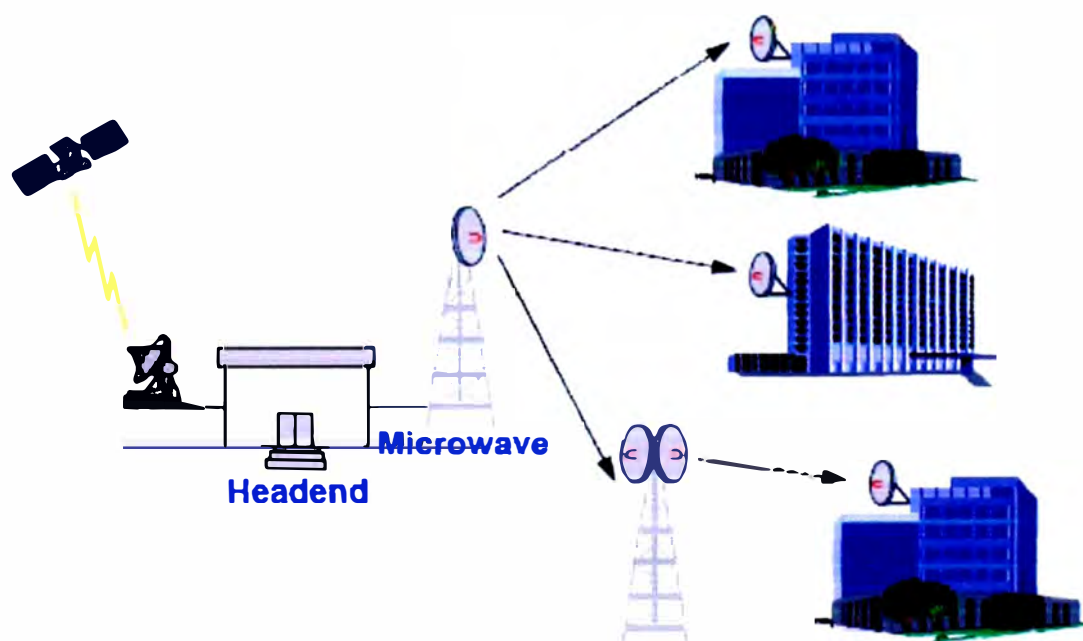
Tres tipos de sistemas Inalámbricos de Cable:

- Multichannel Multipoint Distribution Service (MMDS)
- Local Multipoint Distribution Service (LMDS)
- Satellite Master Antenna Television (SMATV)

Multichannel Multipoint Distribution System (MMDS): Sistema de TV por cable que retransmite las señales directamente a los abonados.

Local Multipoint Distribution System (LMDS): Transporta las señales desde la cabecera sobre la fibra hacia los Nodos celdas que transmiten estas señales por antenas a los abonados.

Satellite Master Antenna System (SMATV): Diseñado para servicios residenciales tales como campus u hoteles, se envía la señal por microondas.



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 2.21 SMATV

CAPITULO III

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA RED HFC

Ahora que ya sabemos en qué consiste la red HFC podemos iniciarnos en el diseño de la red y sus consideraciones previas.

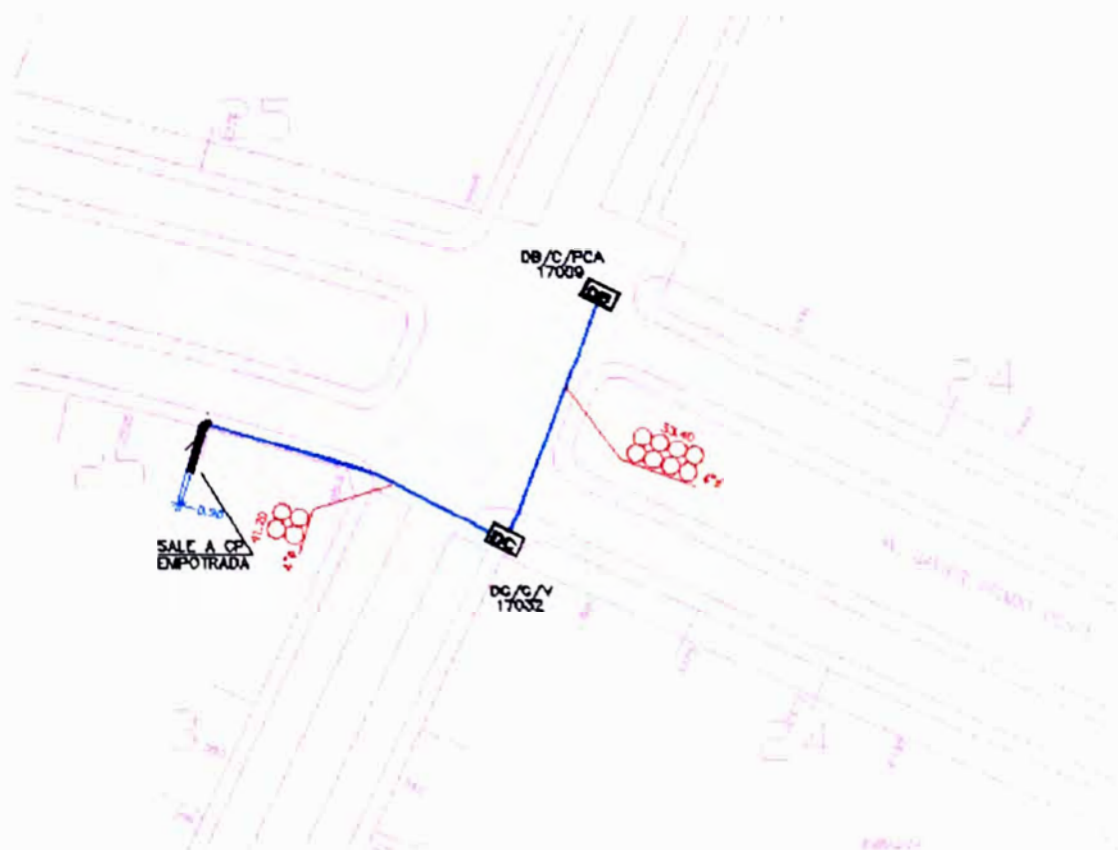
Primero debemos tener claro de donde partirá nuestra red, ¿será implementado de cero?, ¿será ampliación de una red existente?, ¿se piensa en comprar redes existentes de terceros?, etc.

Acá no se considerará análisis de costos para la implementación ya que es un análisis demasiado complejo debido a las muchas consideraciones después de haber definido de donde parte nuestra red, tales como permisos municipales si se va a ampliar la troncal mediante vía subterránea o aérea, adquisición de fibras y materiales, actos vandálicos, mantenimiento de equipos e infraestructura, publicidad, etc.

Para el diseño de una red de cable se debe seguir un riguroso proceso que consta de varias etapas. Primero se debe partir de un estudio de las condiciones del mercado, es decir, una investigación que arroje resultados sobre el tipo de servicios de telecomunicaciones que necesita la población, competencia de otros operadores en la zona y cualquier otro dato que aporte información sobre el consumo de los servicios de telecomunicaciones de los habitantes. Con estos datos se podrá planear la inversión inicial para la implementación de equipos y tecnologías (generalmente por etapas), así como la definición de la arquitectura y de la capacidad requerida de la red para proveer cada uno de los servicios: señales analógicas, servicios digitales, acceso a Internet de banda ancha, telefonía, cajas decodificadoras para servicios avanzados, etc.

Una vez que se haya determinado y justificado la puesta en marcha de la red de cable, se procede a la realización de un levantamiento. El levantamiento [Fig. 3.1], para el caso de la industria del cable, consiste en la recopilación sistemática de las características de la zona

donde se va a construir la red. Siguiendo con la analogía de la obra arquitectónica, se debe registrar y analizar toda la información relacionada con las condiciones del terreno antes de comenzar a diseñar. En el plano de la población se recolectan datos como la localización exacta de los postes, el material de los mismos, infraestructura de terceros, ubicación del CRC (Centro de Recepción y control), casas pasadas, localización precisa de edificios, escuelas, hoteles, hospitales y cualquier otro recinto que pudiese solicitar algún servicio del sistema de cable en un futuro.



Fuente: Telmex Perú

Fig. 3.1 Fragmento de un levantamiento para el diseño de una red de cable.

Otros datos indispensables para el diseño de la red, además de los indicados en el levantamiento, son:

- Ancho de banda de la red
- Tipo de arquitectura
- Niveles mínimos en las salidas del tap (para frecuencias altas y bajas)
- Porcentaje de diseño
- Número máximo de amplificadores en cascada
- Niveles de entrada y salida de los amplificadores (en forward y reversa)

- Crossover

3.1 Ancho de banda de la Red

Es el rango de frecuencias que se puede utilizar para transmitir señales.

El ancho de banda del cable coaxial y de la fibra óptica es muy grande y está limitado básicamente por el ancho de banda de los equipos que se conectan a la red. Las antiguas redes de cable (construidas exclusivamente con coaxial) tenían un ancho de banda relativamente pequeño, inclusive menor a 450 MHz. Las redes de cable de hoy en día, para poder brindar varios servicios y más canales de televisión, se diseñan hasta a 1 GHz de ancho de banda.

Es importante determinar a qué ancho de banda se va a diseñar la red pues no todas las señales en el sistema se atenúan igual: las de mayor frecuencia se atenúan más que las de menor frecuencia.

3.2 Tipo de Arquitectura

La arquitectura de la red determina la forma en que se construirá la red para llevar las señales a los abonados; en otras palabras, es la disposición física en la que se interconectan los suscriptores con el CRC.

La arquitectura más utilizada por los sistemas de cable en las primeras décadas de la industria del cable era la de “árbol y rama” en la cual las señales provenientes del CRC eran distribuidas a la población por medio de una serie de ramificaciones primarias y secundarias de cable coaxial. La desventaja de estas arquitecturas es que presentaban muchos problemas de ruido y distorsiones por las grandes cascadas de amplificadores (el término cascada se refiere a los amplificadores que se conectan en una misma línea de cable consecutivamente).

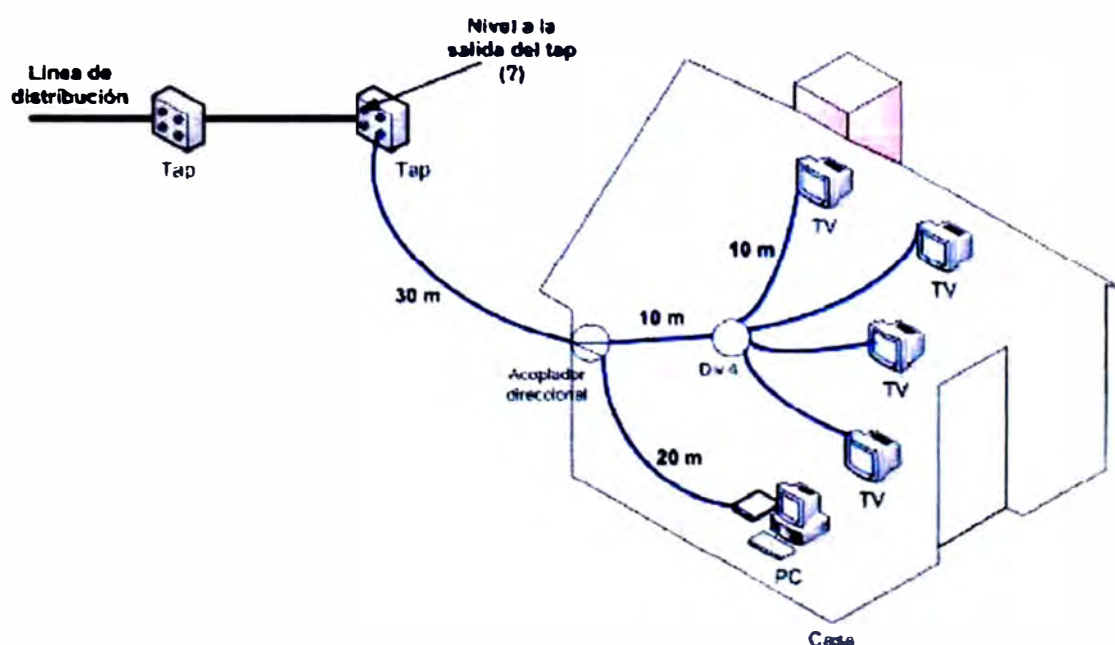
Actualmente se tienen otras alternativas de arquitecturas mucho más confiables debido a que la fibra óptica brinda mayor flexibilidad en los diseños y permite llevar señales a grandes distancias sin las desventajas propias del cable coaxial (gran atenuación y la necesidad de amplificación en distancias cortas).

Las redes HFC (Híbridas de Fibra-Coaxial) actualmente se diseñan segmentando y modificando la red, es decir, haciendo pequeñas redes de cable coaxial que dan servicio a un determinado número de casas pasadas (típicamente de 250 a 1000 casas, valores obtenidos según cálculos matemáticos de pérdidas en amplificadores) conectadas al CRC por medio de fibra óptica (con opción de anillo, estrella o combinaciones).

3.3 Niveles en las salidas del Tap

El nivel de la señal en los puertos de salida del Tap debe ser tal, que permita entregar la potencia adecuada de operación a los equipos terminales del suscriptor.

Se debe determinar el nivel mínimo de las señales a la frecuencia más alta y a la frecuencia más baja. Para lograr esto último, se calcula la atenuación que experimentan las señales con base en la longitud máxima permitida para las acometidas y a los equipos pasivos requeridos para una instalación con varios servicios [Fig. 3.2].



Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo

Fig. 3.2 Instalación de una acometida para varios servicios.

Es importante recordar que el nivel de entrada al televisor debe ser de 0 dBmV (cero decibeles referidos a 1mV), y para el caso de los cablemódems (indispensables para el servicio de Internet), el rango de entrada va de los -15 dBmV a los 15 dBmV. Para el ejemplo de la Fig. 3.2, y suponiendo que la máxima frecuencia del sistema es de 860 MHz, se tendría lo siguiente [Tabla 3.1]:

Tabla 3.1 Cálculo de la atenuación de señal en una acometida a 860 MHz.

Elemento	Pérdidas @ 860 MHz	
	TV	PC
30 m de cable RG-6 [≈ 20 dB/100m]	6 dB	6 dB
Acoplador direccional	1 dB	8 dB
20 m de cable RG-6 [≈ 20 dB/100m]	4 dB	4 dB
Divisor de 4	7 dB	-
Pérdida total	18 dB	18 dB

Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo

De acuerdo con el cálculo de la Tabla 3.1, el nivel de las señales en la boca del Tap a la máxima frecuencia del sistema debería ser de 18 dB para llegar con 0 dBmV a la entrada del televisor.

3.4 Porcentaje de diseño

Se refiere al número total de puertos de salida del Tap en relación con el número de casas potenciales a las que dará servicio.

Los Taps sólo tienen 2, 4 u 8 puertos de salida (siendo los más comunes de 4 y 8 salidas), por lo tanto se debe especificar en qué casos se colocará cada uno de ellos (ver Tabla 3.2). A este parámetro se le conoce como porcentaje de diseño porque frecuentemente se expresa en esos términos (como el porcentaje de las casas pasadas cubiertas por los Taps).

Como se puede apreciar en la Tabla 3.2, los Taps cubrirán en su totalidad las casas pasadas. Para algunos casos de la tabla, se observa que sobrarán varios puertos de salida de los Taps. Por ejemplo, en el caso de 5, 6, 13 ó 14 casas pasadas se exceden las casas pasadas por 1, 2 ó 3 “bocas” de Tap (pues no hay Taps con ese número exacto de salidas). En realidad, no todos los habitantes contratarán servicios del sistema de cable, por lo que podrán sobrar aún más “bocas” de Taps. Para solucionar este inconveniente, los sistemas de cable tienen la opción de diseñar su sistema a un porcentaje menor al 100%, por ejemplo, utilizar Taps de 8 para los casos de 9 ó 10 casas pasadas. Esto se justifica porque

algunas casas pasadas tienen otro proveedor para sus servicios de telecomunicaciones o simplemente no cuentan con dichos servicios.

Tabla 3.2. Ejemplo de asignación de Taps por casas pasadas

Casas pasadas	No. de puertos de salida del tap
1	2
2	2
3	4
4	4
5	8
6	8
7	8
8	8
9	8 y 4
10	8 y 4
11	8 y 4
12	8 y 4
13	8 y 8
14	8 y 8
15	8 y 8
16	8 y 8

Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo

3.5 Número máximo de Amplificadores en cascada

Poco a poco, a través de la historia de la televisión por cable, las grandes cascadas de amplificadores han ido reduciendo su tamaño hasta convertirse, en ocasiones, en cascadas de 3 o menos amplificadores (se les conoce también como “nodo + 3”, “nodo + 2”, “nodo + n”). Hacer diseños con muchos amplificadores permite amplificar numerosas veces la señal y llegar a grandes distancias, no obstante, el ruido también se amplifica y las distorsiones generadas en este proceso reducen considerablemente la calidad de las señales. Así que ¿cómo saber cuántos amplificadores se pueden tener en cascada sin degradar el funcionamiento del sistema?

Para conocer con exactitud cuántos amplificadores se pueden colocar en cascada en un diseño, se deben realizar cálculos matemáticos tomando en cuenta las especificaciones de los equipos activos (más adelante se explicará a detalle este procedimiento).

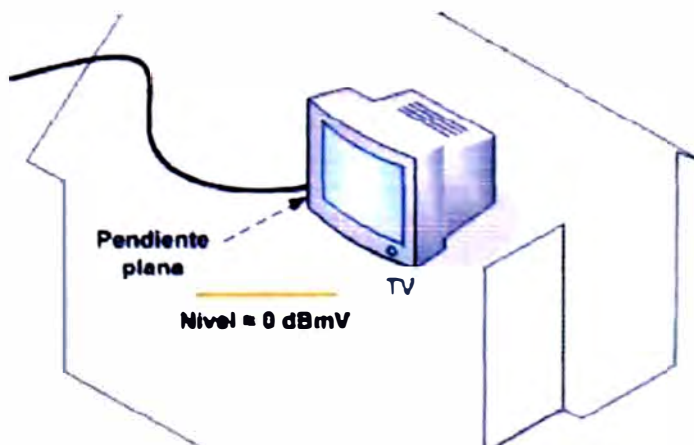
3.6 Niveles de entrada y salida de los Amplificadores:

Para llegar a los equipos terminales del suscriptor con los niveles adecuados (en altas y bajas frecuencias), la red de cable debe amplificar y ecualizar las señales en toda su trayectoria desde el CRC hasta las instalaciones del suscriptor, no sólo en forward, sino también en la ruta de retorno. La labor de los amplificadores en este proceso es crucial y consiste en entregar, a través de sus puertos de salida, señales con determinados niveles y con cierta pendiente o tilt (la pendiente se refiere a la relación entre la potencia de las señales de mayor frecuencia y las de menor frecuencia).

En una red diseñada a 1 GHz el tilt o pendiente a la salida de los amplificadores es típicamente 14.5 dB, es decir, la potencia de la señal de más baja frecuencia estará por debajo de la de mayor frecuencia 14.5 dB. Los niveles de salida y de entrada de los amplificadores se determinan con base en las especificaciones del fabricante.

3.7 Crossover

Depende de la longitud de la acometida y se refiere a la pendiente o diferencia de potencia entre la frecuencia baja y la más alta, medida a la salida del Tap. El objetivo de este parámetro es lograr que los dispositivos terminales del suscriptor reciban un conjunto de señales con una pendiente lo menos pronunciada posible [Fig. 3.3].



Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo

Fig. 3.3 Nivel de entrada plano a los equipos terminales del suscriptor

3.8 Ubicación del Nodo

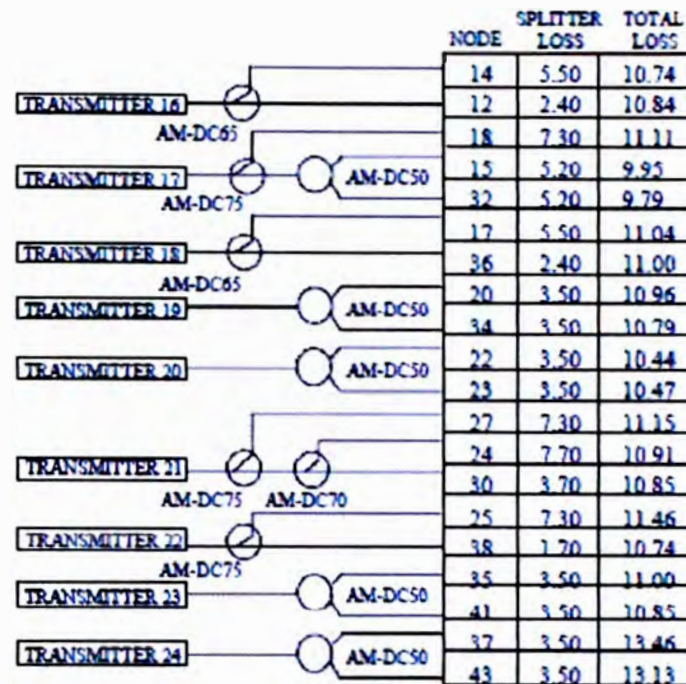
- Comenzar por las extremidades del sistema.
- Crear celdas preliminares limitadas, basadas en los hogares por nodo requeridos.
- Determinar localizaciones óptimas para máxima eficiencia.
- La cabecera puede mantener su propia celda sin fibra.
- Verificar el terreno con personal especializado para la aprobación final.
- Enlazar nodos con cabeceras usando las rutas más directas.

3.9 Diagrama de Acoplamiento:

Una vez que el presupuesto promedio para un nodo ha sido determinado, entonces la tarea es combinar el mayor número de nodos a un transmisor utilizando acopladores ópticos sin exceder del presupuesto.

Este acoplamiento óptico puede hacerse a través de ensayo y error para determinar la mejor relación costo-eficacia de diseño (menor cantidad de transmisores), o se podría desarrollar un programa de PC para hacer el acoplamiento óptimo automáticamente.

	NODE	SPLITTER LOSS	TOTAL LOSS
TRANSMITTER 1	3	0.00	11.73
TRANSMITTER 2	39	0.00	11.53
TRANSMITTER 3	40	0.00	12.60
TRANSMITTER 4	42	0.00	10.82
TRANSMITTER 5	44	0.00	9.73
TRANSMITTER 6	45	0.00	10.21
TRANSMITTER 7	46	0.00	12.30
TRANSMITTER 8	47	0.00	13.38
TRANSMITTER 9	1	3.50	13.34
TRANSMITTER 10	2	3.50	12.88
	6	3.50	13.13
	19	3.50	13.01
TRANSMITTER 11	33	5.50	11.06
AM-DC55	7	2.40	10.77
TRANSMITTER 12	21	4.20	10.27
AM-DC55	8	3.20	10.78
TRANSMITTER 13	26	4.60	10.67
AM-DC60	9	2.70	10.41
TRANSMITTER 14	28	2.30	11.45
AM-DC75	10	5.20	11.00
TRANSMITTER 15	29	5.20	10.94
AM-DC80	11	4.60	10.96
	31	2.70	10.74

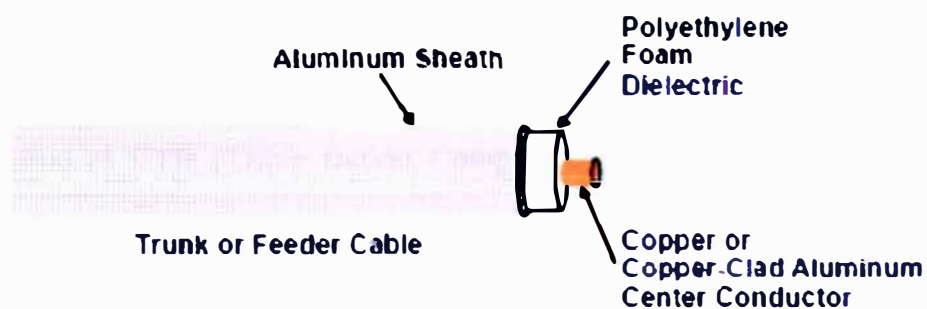


Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 3.4 Diagrama de acoplamiento estimado

3.10 Pérdidas de Coaxial

El cable coaxial está construido con un centro conductor que está rodeado por un dieléctrico que está rodeado por un conductor exterior.



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. 3.5 Estructura del coaxial

Recuerde que el efecto skin causa que la pérdida de señal a través de un cable coaxial sea mayor a mayor frecuencia de la señal. También la pérdida en el cable coaxial varía con la temperatura.

Tabla 3.3 Características del coaxial

Frequency (MHz)	Series			
	540	715	860	1125
	Maximum Loss at 68° F (dB/100 ft)			
5	0.14	0.11	0.09	0.07
30	0.34	0.27	0.23	0.17
40	0.39	0.31	0.27	0.20
50	0.44	0.35	0.30	0.22
110	0.66	0.51	0.45	0.34
174	0.86	0.67	0.58	0.44
220	0.98	0.76	0.65	0.50
300	1.13	0.89	0.76	0.59
350	1.23	0.97	0.83	0.65
400	1.32	1.05	0.88	0.70
450	1.40	1.12	0.95	0.75
550	1.56	1.26	1.06	0.84
600	1.64	1.31	1.10	0.89
750	1.85	1.49	1.24	1.01
865	2.00	1.62	1.33	1.11
1000	2.17	1.75	1.44	1.20
	Loop Resistance at 68° F (Ohms/1000 feet)			
CA	1.61	0.997	0.724	0.42
SC	1.26	0.798	0.568	—

Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

3.11 Selección de Dispositivos Activos y Pasivos

La selección del equipo activo y pasivo juega un papel fundamental en el diseño. En cuanto al equipamiento activo, es necesario conocer las especificaciones técnicas para poder calcular parámetros como el ruido, la relación portadora a ruido (CNR) y las distorsiones como el CTB (Triple Batido Compuesto) o el CSO (Batidos de Segundo Orden).

En el caso de los dispositivos pasivos sucede algo similar. Resulta indispensable conocer las especificaciones del fabricante para poder realizar los cálculos de diseño. Por ejemplo, se debe conocer la pérdida de inserción de todos los equipos para determinar qué tanta señal se pierde al pasar por cada uno de ellos: taps, divisores, acopladores direccionales, equalizadores de línea, etc. Es imprescindible conocer la pérdida de señal en los puertos de salida de todos los dispositivos empleados.

La selección del cable coaxial es muy importante pues no todos los modelos de cable atenúan por igual las señales que viajan en su interior, algunos tienen mayor blindaje frente

a las interferencias electromagnéticas y otros están contruidos específicamente para instalación aérea, subterránea, etc. Como regla general, entre más grande sea el diámetro de un cable coaxial, menor será la atenuación de las señales.

Se dice que una red de cable es muy parecida a una red de distribución de agua: se necesitan tuberías de gran capacidad para llevar agua a todas las zonas de la población, divisores para repartir el líquido en dos o más rutas, sistemas de bombeo, tubos de menor diámetro y llaves para hacer llegar el agua a los usuarios. Asimismo, si la red tiene fallas o fugas, el vital fluido se puede contaminar o escapar.

Regresando de la analogía del agua a las señales de RF (radio frecuencia), cabe señalar que no se podrá hacer un buen diseño sin antes haber recopilado toda la información y definido todas las variables descritas hasta este punto. Una vez que se tengan todos estos elementos, se podrá comenzar a trabajar en los cálculos para el diseño de la red.

3.11.1 Consideraciones para los equipos Activos

Se debe buscar un balance entre el número de veces que se amplifica la señal y las distorsiones que se producen en este proceso. Es necesario considerar que entre más etapas de amplificación existan, las distorsiones serán mayores y el CNR se degradará más. Como ya se mencionó antes, las cascadas de amplificadores en las redes modernas se han reducido a tres o menos dispositivos activos.

Para saber cuál es el máximo número de amplificadores que se puede colocar en cascada sin violar las normas, se analiza el comportamiento del ruido y se calculan las distorsiones en el sistema.

a.- Análisis de distorsiones

Cálculo del CNR

La Relación Portadora a Ruido (CNR o C/N) es la relación o proporción que existe entre la portadora de la señal y el ruido en un ancho de banda determinado. Es una medición que permite conocer qué tan cerca se encuentra el ruido de la señal que se desea transmitir en una porción del espectro.

Para calcular el CNR es indispensable conocer la figura de ruido (NF, Noise Figure) del amplificador. Para el CNR de un sólo amplificador se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{CNR} = \text{Ni\~{v}el de salida del amplificador} - (-59.2 + \text{NF} + \text{Ganancia}) \quad (3.1)$$

Donde:

CNR = Relaci3n Portadora a Ruido

NF = Figura de ruido del amplificador (especificada por el fabricante)

- 59.2 = Constante (ruido t3rmico en un ancho de banda de 4 MHz)

Una vez que se conoce el CNR del amplificador, se procede a calcular el CNR total al final del 3ltimo amplificador de la cascada. Si se trata de amplificadores con el mismo CNR se emplea la siguiente f3rmula:

$$\text{CNR}_S = \text{CNR} - 10\log_{10}N \quad (3.2)$$

Donde:

CNR_S = Relaci3n Portadora a Ruido resultante (al final de la cascada)

N = n3mero de amplificadores con el mismo CNR

Si los amplificadores tienen distinto CNR, entonces se emplea la siguiente f3rmula:

$$C/N_S = -10\log_{10} \left(10^{\frac{-C/N_1}{10}} + 10^{\frac{-C/N_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{-C/N_n}{10}} \right) \quad (3.3)$$

Donde:

C/N_S = Relaci3n Portadora a Ruido resultante (al final de la cascada)

C/N_n = Relaci3n Portadora a Ruido de cada uno de los amplificadores

Gracias a las f3rmulas de CNR (y a otras f3rmulas m3s) se determina cu3ntos amplificadores en cascada se pueden colocar. No s3lo se debe calcular el CNR para saber el n3mero m3ximo de amplificadores en cascada, tambi3n se debe calcular el CSO, el CTB y el XMOD.

C3lculo de CSO

Se conoce como Batidos de Segundo Orden (CSO) a la distorsi3n ocasionada por la mezcla no deseada de portadoras en el sistema. Es decir, al combinar se3ales en un medio de transmisi3n y al ser amplificadas, 3stas se combinan y generan otras portadoras o

interferencias que caen en determinadas posiciones en el espectro. El CSO cae alrededor de la frecuencia de las portadoras de video.

Para calcular el CSO al final de la cascada de amplificadores, primero se debe conocer el CSO a la salida de cada uno de los amplificadores que la conforman. Para conocer el CSO de un solo amplificador se emplea la siguiente fórmula:

$$CSO = CSO_{ref} - (\text{Nivel de salida} - \text{Nivel de referencia}) \quad (3.4)$$

Donde:

CSO = Batidos de Segundo Orden a la salida del amplificador

CSO_{ref} = Batidos de Segundo Orden especificados por el fabricante

Conociendo el valor de CSO de los amplificadores, simplemente se obtiene el CSO_S al final de la cascada de amplificadores. Si se trata de amplificadores con el mismo CSO se utiliza la fórmula:

$$CSO_S = CSO - 15 \log_{10} N \quad (3.5)$$

Donde:

CSO_S = Batidos de Segundo Orden (al final de la cascada de amplificadores)

CSO = Batidos de Segundo Orden a la salida del amplificador

N = Número total de amplificadores con CSO igual

Y si se trata de amplificadores con distinto CSO, se emplea la fórmula:

$$CSO_S = -15 \log_{10} \left(10^{\frac{-CSO_1}{25}} + 10^{\frac{-CSO_2}{25}} + \dots + 10^{\frac{-CSO_n}{25}} \right) \quad (3.6)$$

Donde:

CSO_S = Batidos de Segundo Orden totales (al final de la cascada de amplificadores)

CSO_n = Batidos de Segundo Orden a la salida de cada amplificador

Cálculo de CTB

Triple Batido Compuesto (CTB) se le llama a un tipo de distorsión ocasionada por la mezcla no deseada de portadoras en el sistema. A diferencia del CSO, el CTB cae directamente en la posición de la portadora de video de los canales.

Para calcular el CTB se sigue un proceso similar al del realizado para el CSO: primero se calcula el CTB a la salida del amplificador y luego se obtiene el valor del CSO a la salida del último amplificador de la cascada.

La fórmula para calcular el CTB de un solo amplificador es:

$$CTB = CTB_{ref} - 2(\text{Nivel de salida} - \text{Nivel de referencia}) \quad (3.7)$$

Donde:

CTB = Triple Batido Compuesto a la salida del amplificador

CTB_{ref} = Triple Batido Compuesto especificado por el fabricante

Una vez que se conozca el CTB, se procede a calcular el CTB total al final de la cascada.

Si se trata de amplificadores con el mismo valor de CTB, se utiliza la siguiente fórmula:

$$CTB_S = CTB - 20\log_{10}N \quad (3.8)$$

Donde:

CTB_S = Triple Batido Compuesto total (al final de la cascada de amplificadores)

CTB = Triple Batido Compuesto a la salida del amplificador

N = Número total de amplificadores con el mismo CTB

Para el caso de amplificadores con distinto CTB, se emplea la fórmula:

$$CTB_S = -20\log_{10} \left(10^{\frac{-CTB_1}{20}} + 10^{\frac{-CTB_2}{20}} + \dots + 10^{\frac{-CTB_n}{20}} \right) \quad (3.9)$$

Donde:

CTB_S = Triple Batido Compuesto total (al final de la cascada de amplificadores)

CTB_n = Triple Batido Compuesto a la salida de cada amplificador

Cálculo de XMOD

La modulación cruzada es otro tipo de distorsión parecido al CSO y CTB, y se origina en grandes cascadas de amplificadores.

En el caso del cálculo de la modulación cruzada se sigue un procedimiento semejante al cálculo del CSO y del CTB. Primero se obtiene el XMOD producido por un solo amplificador:

$$XM = XM_{ref} - 2(\text{Nivel de salida} - \text{Nivel de referencia}) \quad (3.10)$$

Donde:

XM = Modulación cruzada a la salida del amplificador

XM_{ref} = Modulación cruzada especificada por el fabricante

Después se calcula el XM total. Para amplificadores con el mismo XM:

$$XM_S = XM - 20\log_{10}N \quad (3.11)$$

Donde:

XM_S = Modulación cruzada total (al final de la cascada de amplificadores)

XM = Modulación cruzada a la salida del amplificador

N = Número total de amplificadores con el mismo XM

Para amplificadores con diferente XM

$$XM_S = -20\log_{10}\left(10^{\frac{-XM_1}{20}} + 10^{\frac{-XM_2}{20}} + \dots + 10^{\frac{-XM_n}{20}}\right) \quad (3.12)$$

Donde:

XM_S = Modulación cruzada total (al final de la cascada de amplificadores)

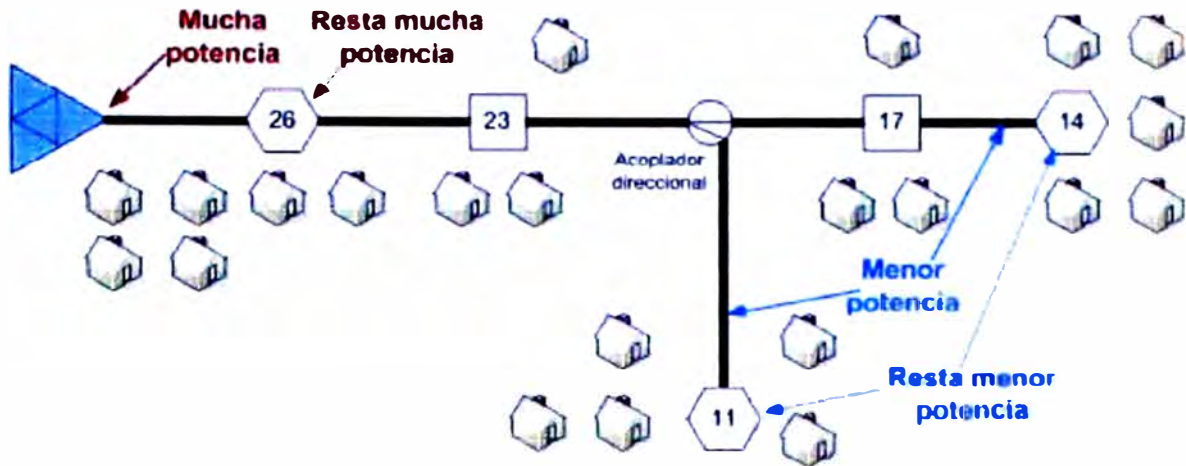
XM_n = Modulación cruzada a la salida de cada amplificador

No hay una norma peruana para la Televisión por cable que especifique la relación del nivel de la señal de video con respecto a disturbios (productos de intermodulación, distorsiones de segundo y tercer orden o señales interferentes en frecuencias discretas), pero basándonos en la experiencia de países como México se asume que este no será menor a 51 dB (La Norma Oficial Mexicana NOM-05-SCT1-93)

b.- Cálculo de Niveles

El proceso de diseño de RF de la red de cable se explica a continuación.

El diseño de RF tiene como objetivo distribuir las señales a la mayor cantidad posible de casas pasadas. Partiendo de los niveles de salida del amplificador (definidos previamente) y de la pérdida de señal por pasivos, se va calculando el nivel de señal disponible para repartirse a cada uno de los abonados [Tabla 3.4]. Los Taps tienen distintos valores de atenuación debido a que no todos reciben la misma potencia de señal. Los más cercanos al amplificador reciben mayor potencia y los más alejados reciben menor potencia [Figuras 3.6 y 3.7]. Los más próximos al amplificador deberán restar más potencia a las señales, mientras que los más alejados, deberán restar menor potencia a la señal recibida para llegar con el mismo nivel al suscriptor (0 dBmV).



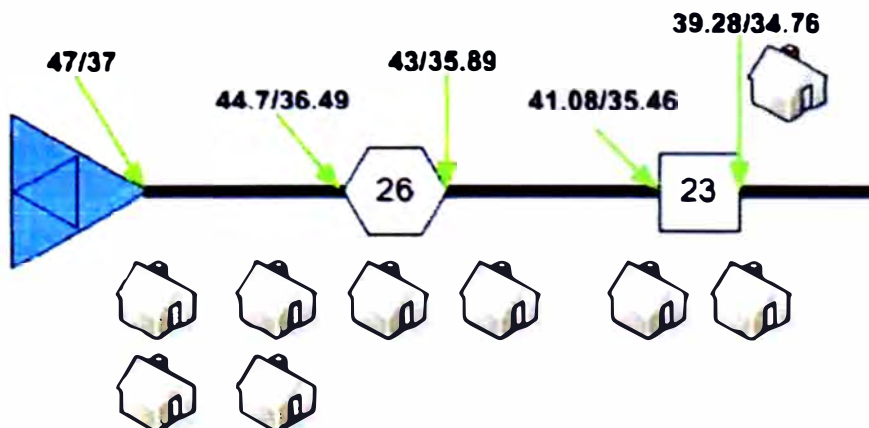
Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo

Fig. 3.6 Cálculo de niveles para los abonados.

Tabla 3.4 Ejemplo de cálculo de niveles para los abonados en forward.

	Pérdida por: (Frecuencia alta/baja)	Nivel a la salida de: (Frecuencia alta/baja)	Nivel en la boca del tap: (Frecuencia alta/baja)
Amplificador	-	47 / 37	-
30 m de cable de distribución [7.68dB/100m @ 860 MHz]	2.3 / 0.51	44.7 / 36.49	-
Tap de 8 salidas (26)	1.7 / 0.6	43 / 35.89	18.7 / 10.49
25 m de cable de distribución [7.68dB/100m @ 860 MHz]	1.92 / 0.43	41.08 / 35.46	-
Tap de 4 salidas (23)	1.8 / 0.7	39.28 / 34.76	18.08 / 12.46

Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo



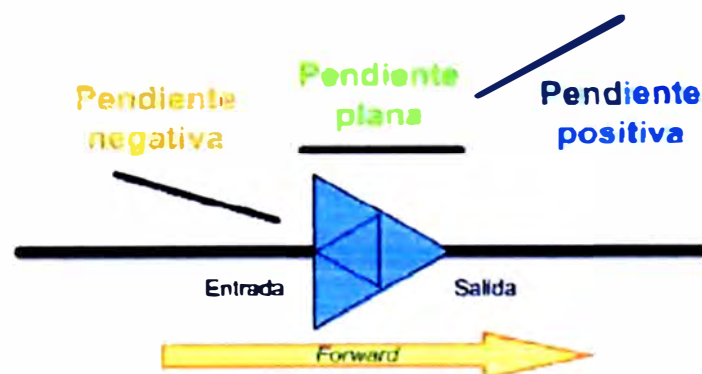
Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo

Fig. 3.7 Ejemplo de cálculo de niveles en la línea de distribución.

Es importante asegurarse de que los niveles que llegan al suscriptor se encuentren dentro del rango de los valores especificados por el sistema de cable. Una vez calculados los niveles de forward en alta y baja frecuencia, se debe corroborar que la pendiente también se encuentre dentro de los parámetros establecidos. En ocasiones, cuando la pendiente cae fuera de las especificaciones, se colocan ecualizadores de línea para ajustar los niveles.

c.- Cálculo de Atenuadores y Ecualizadores

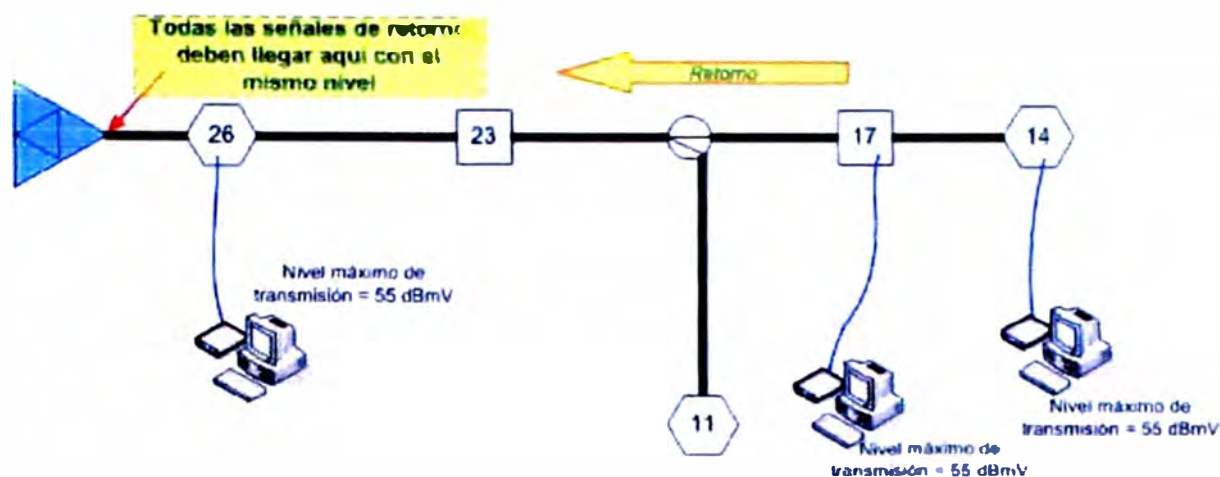
Cuando la potencia de las señales ha disminuido a tal punto que ya no es posible dar servicio a más abonados, se coloca un amplificador. Éste recibe las señales, incrementa su potencia y les da la pendiente adecuada para ser distribuidas nuevamente a las casas [Fig. 3.8]. Las señales que el amplificador recibe en sus puertos de entrada no siempre tienen la misma potencia ni pendiente, por lo tanto, se emplean atenuadores y ecualizadores (que se insertan dentro del amplificador) para dar el nivel y la pendiente requerida en el proceso de amplificación. Los atenuadores reducen el nivel de las señales y los ecualizadores les proporcionan la pendiente requerida.



Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo
Fig. 3.8 Pendiente de entrada y salida de los amplificadores.

El nivel de las señales de entrada al amplificador es muy variable. Inclusive, hay casos en que la pendiente no es negativa y se tienen que utilizar simuladores de cable en lugar de ecualizadores.

Este mismo procedimiento se realiza en las redes bidireccionales para la ruta de retorno, sólo que, en este caso, se toma el máximo nivel de potencia de transmisión del cablemodem y se sigue la trayectoria inversa para los cálculos de las instalaciones del suscriptor hacia los amplificadores [Fig. 3.9].



Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo

Fig. 3.9 Ruta de retorno.

3.11.2 Uso de Herramientas y Software

Como se ha visto, el diseño de una red HFC consiste en una larga serie de operaciones matemáticas. Para facilitar esta tarea, existen herramientas informáticas que, con base en los parámetros definidos por el sistema de cable, arrojan distancias, valores, niveles y otros datos para la construcción de la red. Estas herramientas van desde hojas de cálculo hasta robustos programas de diseño.

Conviene analizar la adquisición de un software profesional de diseño pues, al tratarse de una fuerte inversión, sólo se justifica para empresas que realizan muchos diseños. No obstante, es indispensable conocer los fundamentos teóricos y matemáticos para realizar diseños confiables.

3.11.3 Verificación del Diseño

Algunas veces los operadores de cable recurren a otras empresas que se dedican exclusivamente a hacer diseños de redes de cable. Para determinar la calidad del diseño entregado, se deben verificar varios puntos que, a pesar de parecer obvios, en determinado momento pueden marcar una gran diferencia. Algunos de los principales puntos que se deben verificar son:

- Especificaciones en el plano
- Lista de material
- Porcentaje de cable repetido en la red
- Casas pasadas por kilómetro de red

e) Niveles de señal

a) Especificaciones en el plano: Es necesario asegurarse de que la nomenclatura y las acotaciones en el plano sean claras y, en caso necesario, que estén especificados los niveles de señal al final de las cascadas. Se recomienda que no haya demasiados dispositivos por poste y que todos los elementos (activos o pasivos) estén dibujados antes de cada poste, no después ni sobre él. Se sugiere colocar los amplificadores antes de cada cruce de calle y tratando de respetar la dirección de salida de los amplificadores si tienen diferentes niveles en sus puertos. Todo esto con la finalidad de que el trabajo de construcción de la red no se complique en exceso.

b) Lista de material: Además de las especificaciones contenidas en el plano, es indispensable que el diseñador entregue una lista de todos los componentes pasivos y activos que se utilizarán en la red y de sus características: amplificadores, fuentes de alimentación, Taps, divisores, acopladores direccionales, conectores, ecualizadores, atenuadores, cable coaxial, etc.

c) Porcentaje de cable repetido en la red: Se refiere al porcentaje de cable (con respecto al total de cable empleado) que pasa por un mismo tramo de acero más de una vez. Se calcula haciendo la diferencia entre el cable total y el acero utilizado. Tampoco es muy recomendable colocar más de tres cables en un solo tramo debido a las dificultades que esto provocaría para la construcción de la red.

d) Casas pasadas por kilómetro de red: Este dato puede variar proporcionalmente con la densidad de la población y difiere mucho entre zonas poco pobladas y grandes ciudades. En una red HFC típica, se estima que el número de casas pasadas por kilómetro es de aproximadamente 90 (Fuente: Motorola "BLASTER, A Broadband Layered Architecture Strategy to Enhance Reliability").

e) Niveles de señal: Se debe confirmar que los niveles en el diseño cumplan con las especificaciones planteadas inicialmente: niveles en los puertos de salida del Tap, pendiente a la salida de los amplificadores y crossover. Si estos parámetros se respetan, se asegura que la red será capaz de proporcionar eficientemente los servicios.

CONCLUSIONES

1. El proyecto presentado en este Informe de Suficiencia propone una solución innovadora debido a la fusión de 2 tecnologías para la prestación del servicio de telefonía, video y datos.
2. En cuanto al canal de retorno, la arquitectura HFC permite la evolución del sistema hacia nodos de menor tamaño (que sirvan a zonas con menor número de hogares pasados), para poder ofrecer los 50 MHz. del espectro ascendente a un menor número de abonados y por tanto aumentar sus capacidades individuales de interacción con la cabecera.
3. Una red de cable debe entregar a la entrada del televisor señales con un nivel ideal de 0 dBmV(cero decibeles referidos a 1 mV) para que ésta pueda detectarlas correctamente.
4. El servicio de telefonía a través de la red HFC permitirá brindarle al usuario la provisión de todos los servicios de telecomunicaciones a través de una sola plataforma. Esto reduce significativamente el costo de instalación.
5. Para el proveedor del servicio, la coubicación de todos los equipos de las redes de telefonía, cable e Internet facilita las labores de monitoreo y gestión de la red. Además aumenta la productividad del personal técnico y permite realizar expansiones de manera rápida y sencilla.
6. Visto desde el punto de vista comercial para los proveedores de contenido, el plus de internet y telefonía significa abrir un canal de venta adicional al tradicional de

video con las compañías de cable, es decir es una desventaja el desconocimiento en la comercialización de los nuevos servicios en una plataforma multiservicios.

7. Adicionalmente a la incorporación de servicios de video broadcast ya existentes, y la consolidación de tres servicios bajo un mismo proveedor, el cliente tiene acceso a nuevos servicios hasta ahora no posibles (VoD, Gaming, Videoconferencia, etc).
8. Las operadoras de cable que disponen de grandes redes analógicas de cable coaxial con topología de árbol, observan que con medianas y grandes inversiones en fibra y equipos pueden digitalizar la red.
9. El cliente tendría el beneficio del precio del servicio acotado por la suma del precio individual de cada uno de los servicios (voz, datos y video).
10. Como ejemplo de que la tecnología HFC es buena y recomendable se tiene el caso de una importante compañía de telecomunicaciones de México que está haciendo uso de éste con significativo éxito.
11. Es una gran ventaja para el Operador el conocimiento de su mercado, así como el desarrollo sostenido de su Red de distribución Comercial y Tecnológica.

ANEXO A
ALGUNOS PROBLEMAS EN LA RED HFC

A.1 Principales problemas en redes HFC de Banda Ancha y bi-direccionales:

- Ingreso de Ruido
- Ondas Estacionarias

RUIDO:

En electrónica, se entiende por ruido, a toda señal, pulso o actividad radiofrecuente indeseada o espuria presente en una banda o portadora.

Y hay que diferenciar entre ruido base, y ruido ingresado.

El ruido base está presente siempre en toda transmisión, y no es posible eliminarlo.

El ruido ingresado sí es posible controlarlo.

Los principales puntos de ingreso de ruido:

- Revisar desde la conexión en el tap
- Revisar acometida
- Revisar detenidamente la instalación interna
 - Cables
 - Conectores (apretar si es necesario)

ONDAS ESTACIONARIAS:

Es energía radiofrecuente que es reflejada en sentido contrario a su propagación.

Son causadas por diferencias de impedancia que una energía de RF encuentra en su camino en un cable o circuito. (ejm: daño en el cable origina diferencias de impedancias).

Se puede apreciar mejor en la Fig. a.1



Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo

Fig. a.1

Por lo tanto, habrá muchas señales reflejadas sucesivamente, entre la zona dañada y, en este caso, el amplificador. Esto se conoce como ONDAS ESTACIONARIAS.

A.2 Principales Causas de Fallas en Instalaciones domiciliarias:

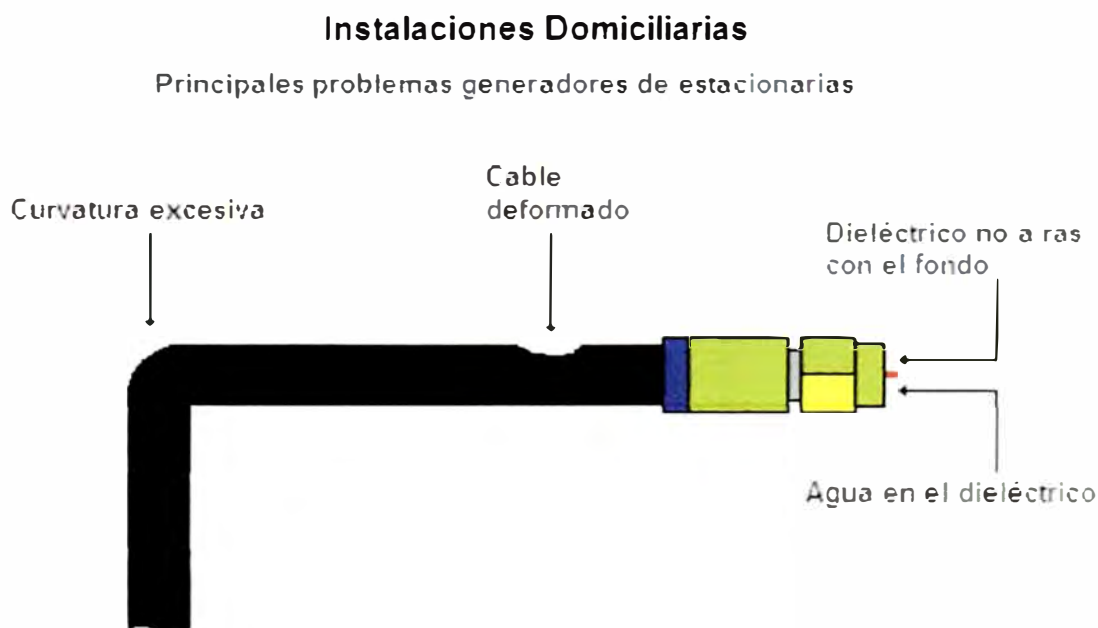
- Conectores de mala calidad.
- Utilización de herramientas inapropiadas, en mal estado o desajustadas (Universales)
- Dieléctrico del cable no a ras con el fondo del conector.
- Pin excesivamente largo, o muy corto.
- Malla o lámina de aluminio en contacto con el pin central, o muy cerca.
- Dieléctrico mal cortado.

Sabemos que cada componente de una red es un eslabón en esta cadena. Si un eslabón falla, fallará toda la red, o al menos toda una rama.

Por eso es tan importante la calidad de los conectores, y en general de todos los componentes que forman una red de distribución de señales.

Gran parte de los problemas en las redes son causados, o están relacionados a conectores. Las estadísticas muestran 70% ó más.

Las figuras a.2 y a.3 ilustrarán lo mencionado.



Fuente: Redes HFC Curso de Grado – Universidad de Vigo

Fig. a.2

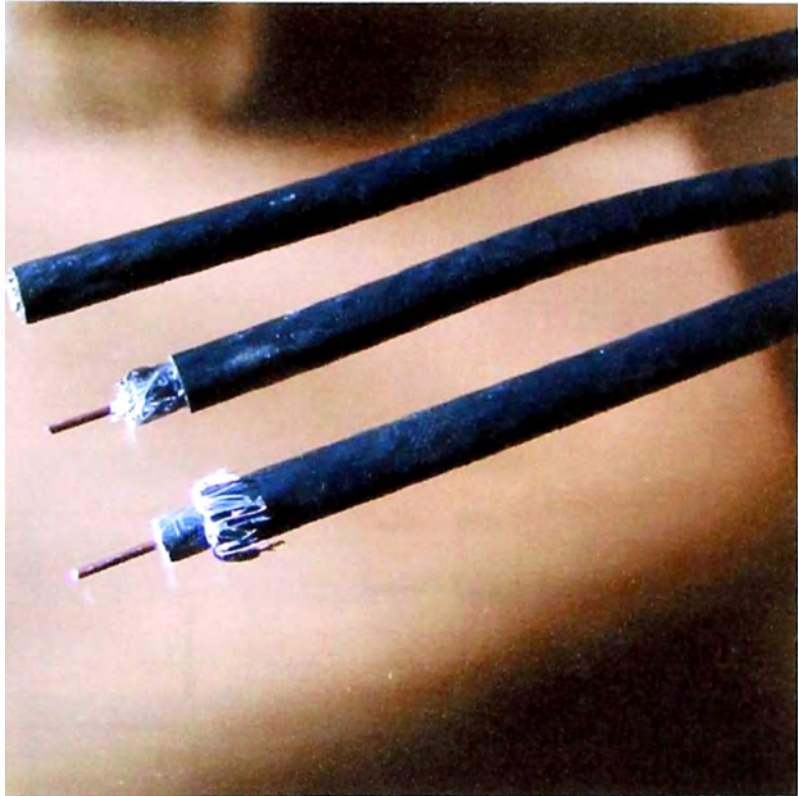


Fig. a.3 Fotografía de proceso de cortado de coaxial

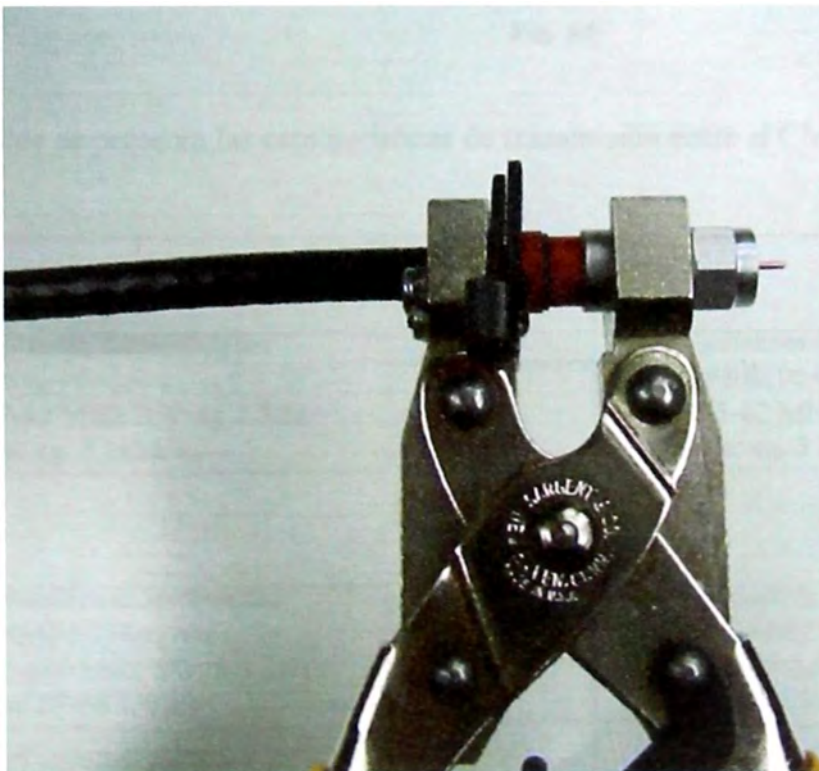
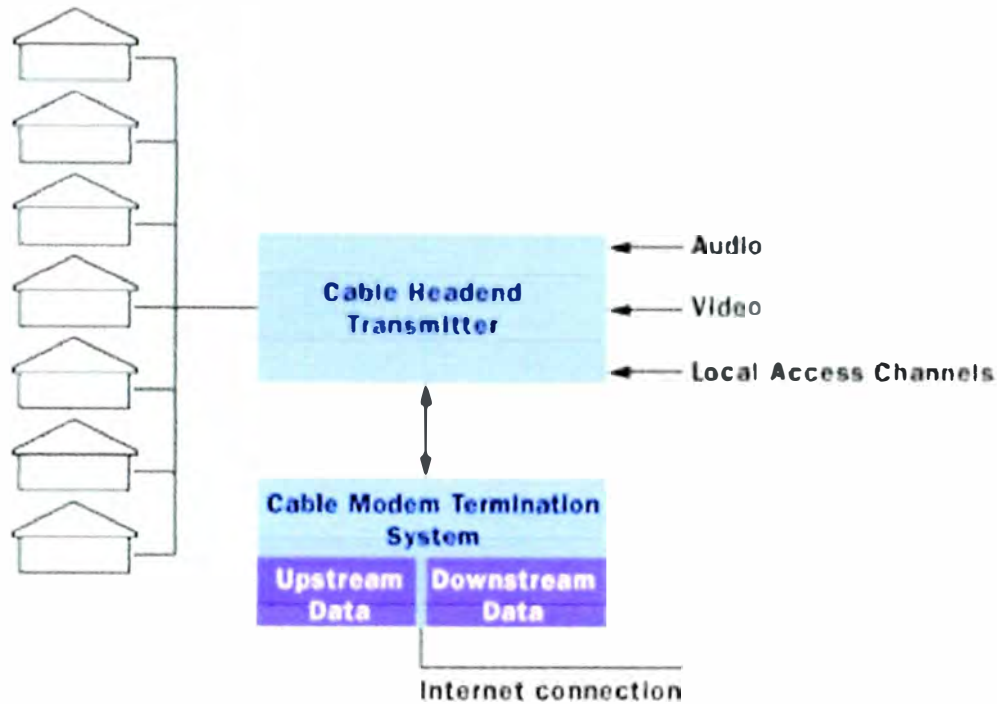


Fig. a.4 Fotografía de la correcta manipulación del coaxial

A.3 CMTS - Cable Modem Termination System:

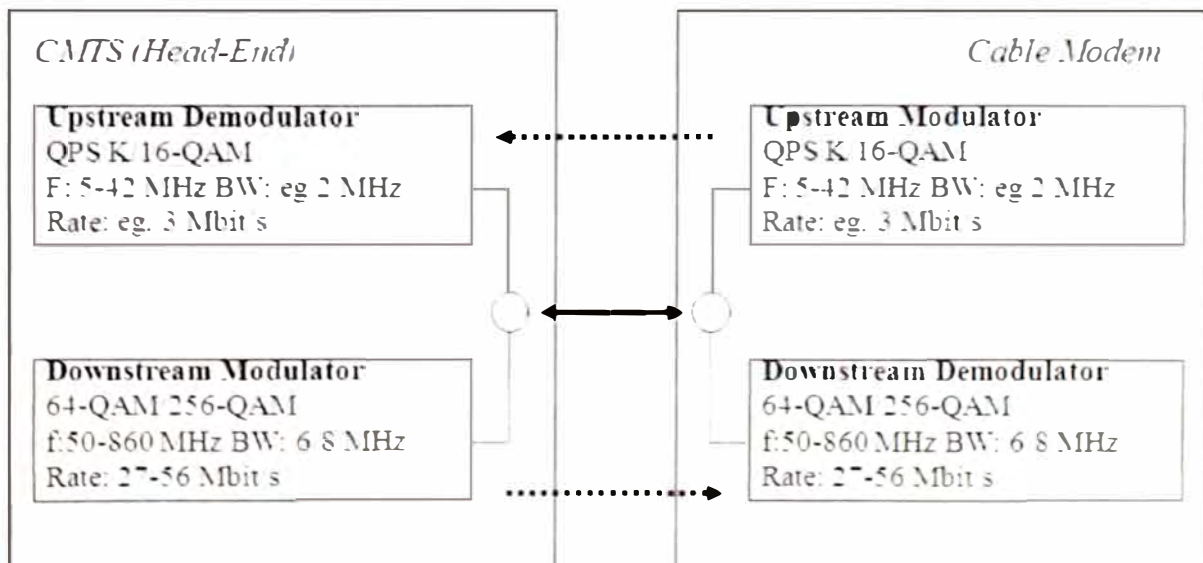
Un **CMTS** es un enrutador, el cual es un equipo instalado en la cabecera, para ofrecer acceso a internet de alta velocidad a los computadores de los usuarios residenciales. Ver Fig. a.5



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. a.5

Enseguida se presenta las características de transmisión entre el CMTS y el Cablemódem.



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

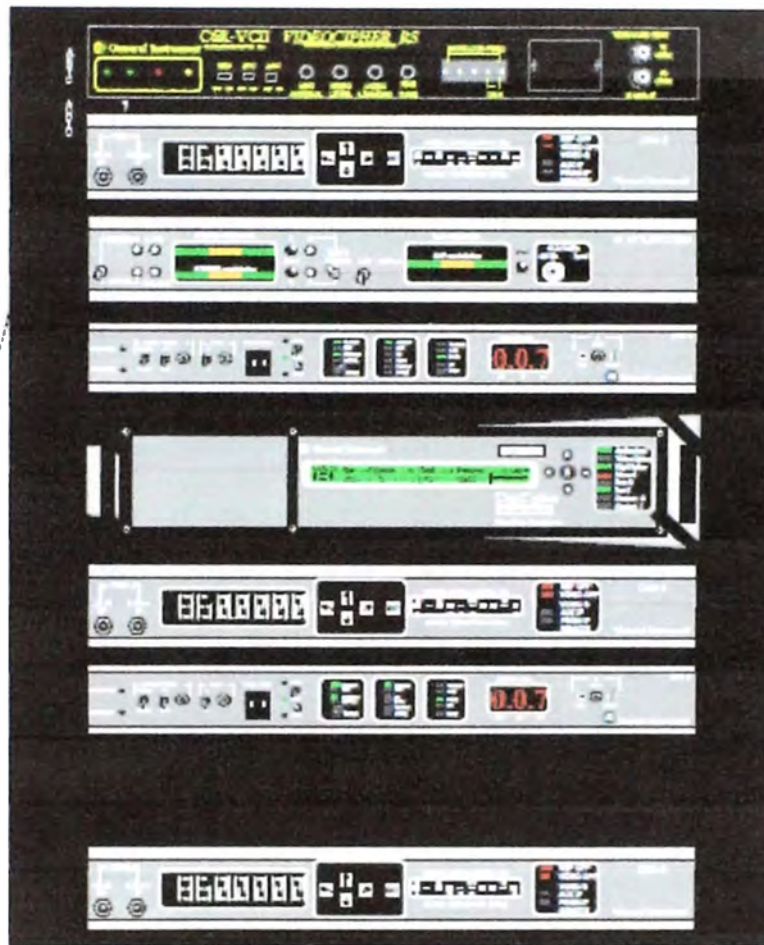
Fig. a.6

ANEXO B
EQUIPOS EN CABECERA



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. b.1 Modulador RF



Fuente: Design Basics - Training Manual (2003) Motorola

Fig. b.2 Decodificador Receptor Analogo

Fotos Cabecera San Isidro (Telmex Perú):

El Motorola OmniStar GX2 plataforma digital de retorno, optimiza el uso de la fibra con hasta cuatro señales independientes de longitud de onda y por una dotación completa de módulos de aplicación que puede adaptarse a cualquier arquitectura de sistema



Fig. b.3 Motorola OmniStar GX2



Fig. b.4 Gabinetes con Terminaciones de Fibras y equipos



Fig. b.5 Energia para la Cabecera

El Analizador Digital JDSU serie 5510 Garantiza la integridad de las redes HFC, gracias al sistema de barrido no interferente, directo e inverso, compatibles con las señales digitales de las redes actuales.



Fig. b.6 Analizador Digital Stealth serie 5510

ANEXO C
GLOSARIO

GLOSARIO

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line - Línea de Suscripción Digital Asimétrica (Tecnología para transmisión de datos digitales apoyados en pares de cobre.)

ATM: Asynchronous Transfer Mode - Modo de Transferencia Asíncrona (tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios)

ATSC: Advanced Television Systems Committee - Grupo que se encarga del desarrollo de los estándares de la televisión digital en los Estados Unidos.

CATV: Community Antenna Television – Red de Televisión por Cable

CNR: Carrier to noise ratio – Relación Portadora/Ruido

CRC: Centro de Recepción y control.

DOCSIS: Data Over Cable Service Interface Specification - Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable (estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable)

EIA: Electronic Industries Alliance - Alianza de Industrias Electrónicas

FSK: Frequency Shift Keying - Modulación por desplazamiento de frecuencia

HFC: Hybrid Fiber Coaxial – Híbrido Fibra-coaxial (red de Telecomunicaciones que combina la fibra óptica y el cable coaxial para la obtención de un gran ancho de banda)

MPEG: Moving Picture Experts Group - Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento (grupo de trabajo del ISO/IEC encargado de desarrollar estándares de codificación de audio y video)

NOE: Nodos Opto electrónicos

NTSC: National Television Systems Committee, Estándar de televisión analógica de USA y ampliamente difundido en varios países, entre ellos el nuestro.

NSE: Nivel Socioeconómico.

OTDR: Optical Time Domain Reflectometer - reflectómetro óptico en el dominio tiempo (instrumento optico-electrónico usado para caracterizar una fibra óptica)

PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy - Jerarquía Digital Plesiócrona (tecnología usada en telecomunicación que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio)

QAM: Quadrature amplitude modulation - modulación de amplitud en cuadratura

SDH: Synchronous Digital Hierarchy - jerarquía digital síncrona (norma para el transporte de datos en telecomunicaciones)

SNR: Signal to noise ratio – Relación Señal/Ruido (margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe)

Triple Play: Denominación aplicada a redes físicas o inalámbricas que soportan aplicaciones de Data, Telefonía IP y video sobre IP.

UHF: Ultra High Frequency - banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz

VHF: Very high frequency - banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.

VoD: Video on Demand – Video bajo demanda (sistema de televisión que permite al usuario el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada)

WAP: Wireless Application Protocol - Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas (estándar abierto internacional para aplicaciones que utilizan las comunicaciones inalámbricas)

BIBLIOGRAFIA

- [1] REDES DE ACCESO DE BANDA ANCHA - Arquitectura, Prestaciones, Servicios y Evolución (2003). Autores: Julio Berrocal y Enrique Vázquez
- [2] DESIGN BASICS - Training Manual (2003).
By Motorola.
- [3] REDES HFC (Hybrid Fiber-Coaxial) - UNIVERSIDAD DE VIGO.
Autor: Fernando Aguado Agelet
- [4] VISION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE CABLE HIBRIDO FIBRA-COAXIAL (HFC) Autor: Ing. José Manuel Pérez Hernández
- [5] FIBER OPTICS - MYTHS & FACTS
By Navroz Behramfram
- [6] FIBER OPTIC TOPICS & TESTING
By Trispec Communications Inc
- [7] TENDENCIAS TECNOLOGICAS EN LAS REDES DE ACCESO (2002)
Autor: Ing. Elizabeth Grust
- [8] NORMATIVA REFERIDA A ACCESO AL MERCADO, PARTE I (2006)
Autor: Manuel Cipriano, Director General de Gestión de Telecomunicaciones MTC
- [9] Broadband 101: Installation and Testing
Autor: Fanny Mlinarsky

<http://www.osiptel.gob.pe/>

<http://www.mtc.gob.pe/>

<http://www.motorola.com/broadband/>

<http://www.pctinternational.com/>

http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/Tecnologias%20de%20Acceso/HFC/index_HFC.htm

http://www.iec.org/online/tutorials/hfc_tele/index.html

<http://www.cinit.org.mx/>

<http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/normaslegales/TUOReglamento-de-la-ley.pdf>