

ANEXO 11

Redes de Televisión por Cable

A. 11. 1. Características de las Redes de TV por Cable, CATV

La competitiva contienda de los servicios de telecomunicaciones gira actualmente también en torno a las redes de CATV. Se actúa en la integración a las redes de telefonía y a las de Internet. Para universalizar el ámbito de las redes de telecomunicaciones, deberemos adentrarnos en su particular estudio.

Las redes de acceso de las empresas prestadoras del servicio de televisión por cable, tienen fundamentalmente las características de las redes de banda ancha. Están constituidas sobre arquitecturas de cables de fibras ópticas o híbridas de fibra-coaxial (HFC).

Actualmente, la principal particularidad de estas redes es prestar servicio analógico al cliente, aunque están preparadas o se están preparando, para ofrecer transmisión digital bidireccional, con banda ancha asimétrica en ambos sentidos. En ese caso, están constituidas por canales descendentes (de cabecera al usuario) y ascendentes (del usuario a cabecera). De esta forma podremos obtener el monitoreo de los servicios, para brindar telefonía, datos y servicios interactivos.

Básicamente la red de CATV ofrece el servicio de difusión masiva (broadcasting) de canales compartidos, es decir sus usuarios reciben la misma programación. Con las nuevas tecnologías la transmisión podrá ofrecerse en forma multicasting. Los usuarios abonarán por estos servicios una cuota mensual básica fija. El gran cambio lo ha representado ofrecer otros servicios mediante un pago extra, como ser, video sobre demanda VoD (Video on Demand), pago para ver PPV (Pay per View), juegos interactivos (SEGA Channel), Internet, telebanking, telecompras, etc.

A. 11. 1. 1. Perspectiva histórica

Al presente solo EUA dispone de una penetración mayor al 63 % del servicio de CATV, sobre un área servida del 95%, excediendo 60 millones de hogares. Le siguen mundialmente Canadá y la República Argentina.

Tal acontecimiento, con su vigoroso crecimiento y semejante aceptación, ha causado el tan elevado interés de los proveedores del servicio telefónico, produciendo a su vez la expansión de un conjunto de tecnologías competitivas, como ser equipos de grabación, sistemas como el de difusión directa satelital (DirecTV), o el acceso mediante una computadora personal a los servicios satelitales recibiendo difusión de datos, de video e Internet.

Esto incrementa la actividad de los entes reguladores nacionales. En EUA, en 1941, se ha estandarizado el sistema NTSC blanco y negro, en 1953 en color y en 1984 en sonido estéreo. En Europa mientras tanto, se ha normalizado el sistema PAL. Los países Latinoamericanos, según el caso, siguieron ambas normas.

Los primeros años de la TV se han destinado en proveer al abonado entretenimiento, luego se lo eligió como vehículo para permitir rápida y variada información con la introducción de canales especializados en noticias y de documentales, posteriormente se descubrió la posibilidad de proporcionar múltiples servicios, como ser compras televisadas, encuestas de mercadeo, alarmas de seguridad, audio digital de alta calidad, etc.

Los sistemas de CATV comenzaron como un medio para permitir buena calidad de imagen en zonas donde la recepción de TV por aire era mala por su lejanía a la emisora de TV, debido a la topología del terreno o a urbanizaciones que dispusieran edificaciones muy altas. En EUA se formaron asociaciones comunitarias a ese fin, por esa razón a estas redes se les llamó inicialmente Community Antenna Televisión (CATV), siglas que se impusieron aunque con el significado de TV por Cable.

Ya en 1950 se construyó una red coaxial de CATV sobre postes, en la ciudad de Lansford, Pennsylvania, EUA. En principio estas redes complementaban el servicio de TV abierta. A continuación con uso satelital se llegó a ciudades que no disponían del servicio. Posteriormente se desarrollaron los servicios en grandes ciudades donde la recepción de las señales de pocos canales era francamente deficiente. Por último comenzó la competición entre sistemas, proporcionando gran cantidad de canales nacionales e internacionales.

Los convenios de CATV y servicios como el de TV satelital permiten asimismo competir en forma mas amplia, nacional e internacionalmente. El servicio de EUA DirecTV lanzado en 1994, en convenio con 65 redes de cable, incluye 175 canales, con 60 canales PPV que difunden programación de deportes y estrenos de películas, servicios de VoD y canales codificados como Playboy TV. Este servicio es ahora explotado mundialmente.

Tres grandes categorías de CATV se desarrollaron:

- Super estaciones locales, como el The Turner Broadcasting System de Atlanta, Georgia, EUA, que, distribuyen la señal con la asistencia y por medio de satélites.
- Canales especializados en deportes, noticias, el tiempo, educación, ventas, etc.
- Canales solo de películas, como HBO (Home Box Office).

Los servicios brindados tienen tanto el carácter de básicos, como de canales y/o programas PPV, o de pagar para ver impulsivo IPPV (Impulse Pay Per View).

La diferencia entre estos sistemas, radica en que en el PPV se deberá programar con antelación y reservar la recepción deseada con el pago diferenciado del programa de película o evento determinado (concierto, deporte, etc). Mientras que en el sistema IPPV se podrá acceder al programa codificado por un corto período, luego del cual si no se confirma su pago, su recepción se inhabilita.

La habilitación e inhabilitación del canal se realiza filtrando y cambiando la sincronización de la respectiva señal. También se han desarrollado los servicios de video sobre demanda VoD y los denominados, cuasi video sobre demanda NVoD (Near Video on Demand).

En el servicio de VoD se accede a la recepción de cualquier programa, tal como si se dispusiese de una videocasetera en la casa del abonado. En el servicio de NVoD se accede a la selección de los títulos generalmente de estreno, por distintos canales, donde la transmisión de cada programa comenzará cada media hora. Solo se deberá esperar unos 15 minutos para el comienzo de una película o programa especial.

A. 11. 1. 2. Acondicionamiento de la red de acceso

Los operadores telefónicos discreparon en la conveniencia de actualizar sus redes de acceso construidas en pares trenzados, para facilitar telefonía digital, debido a los altos costos de su reingeniería y a sus largos períodos del reintegro de capital.

Solo el brindar los servicios de Internet y de video digitalizado, decidió la actualización de las redes de acceso, introduciendo sistemas xDSL, fibras ópticas, cables coaxiales y la revisión de la metodología integral de los diseños de las redes de acceso.

Por otra parte, el problema mayor para las empresas de CATV, se ha presentado en obtener la concesión de la servidumbre de paso o derecho de vía pública. Generalmente las intendencias ex-

tendieron permisos precarios para la instalación de ramales aéreos, para su uso en un período corto y la construcción posterior subterránea que posibilitará el montaje de su red. La correcta legislación de usos compartidos entre empresas ha permitido facilitar la explotación de estos servicios.

Otro inconveniente lo representa la utilización del espectro electromagnético. La telefonía requiere solo un ancho de banda de 3.1 KHz, el audio de alta fidelidad necesita 20 KHz, para la transmisión estéreo 40 KHz, el video consume 4.2 MHz y la televisión de alta definición HDTV (High Definition TV), una vez comprimida 6 MHz.

Técnicamente cada canal de TV requiere de 6 MHz, para evitar superposiciones. Esta señal luego debe ser modulada sobre una portadora que permita el transporte de múltiples señales, lo que aumenta los requerimientos de espectro electromagnético.

El espectro utilizado por la TV comercial abierta es ocupado asimismo por las comunicaciones corrientes de aeronavegación y para librar sus transmisiones de emergencia. La navegación marítima y aplicaciones militares consumen también parte del espectro de las frecuencias.

Solo la tecnología del cable coaxial y la fibra óptica hizo posible sanear el uso de este ocupado espectro, separando frecuencias de TV y aislándolas del espectro exterior.

La aplicación de frecuencias se diseña con uso similar a la transmisión de TV abierta, lo que permite entrar y salir al servicio de CATV, sin efectuar grandes cambios en los aparatos de TV, una de las razones del éxito de estos servicios.

A. 11. 2. Arquitectura de la red CATV

El servicio de CATV, tiene la filosofía de emisión y distribución tipo “uno a todos” (broadcasting). La red debe ser capaz de transportar una única señal a todos los clientes, con uso intensivo del ancho de banda utilizado. Tecnológicamente es el mas sencillo de los servicios.

La arquitectura de la red consta en general de una central cabecera HE (headend), desde donde parten redes de transporte hasta amplificadores troncales. La red troncal de transporte, alimenta a redes de acceso.

Esta red recorre importantes distancias, debe permitir dividir el área de servicio, en distintas zonas de distribución y preservar la calidad admisible de transmisión de la señal. Cada red de acceso o distribuidora, tramo final de la red, termina en las acometidas a los domicilios de los clientes.

Los equipos necesarios en cada una de las partes de la red de CATV, son:

- Los requeridos a la obtención de la señal (recepción y/o generación) y del procesamiento de la señal (codificación, modulación y mezclado), en la central cabecera,
- Los amplificadores troncales, puente (bridge) o derivadores y los prolongadores de línea en los ramales, en la red,
- Terminales de recepción de video y audio aparato de televisión, video-casetera de registro VCR (Video Cassette Recorder) (VCR), y en su caso los conversores, STB (demodulación y decodificación), caja inteligente de uso complementario al televisor en la casa del cliente.

A. 11. 2. 1. Conformación de la red de CATV

De la conformación típica de red troncal y red distribuidora, surge la topología básica árbol (troncal y ramales), constituida por una línea principal con sus derivaciones.

Históricamente las redes de CATV han sufrido varios cambios, de red enteramente coaxial pasó a ser una red híbrida fibra óptica - coaxial, llegando al presente a disponer de redes digitales todo óptica, e incluso con uso de pares trenzados de cobre.

Dos tipos de cables coaxiales son principalmente usados, uno rígido con un tubo de aluminio como conductor exterior y un conductor central de cobre recubierto de aluminio y otro flexible con un conductor exterior formado por un alambre trenzado con un conductor central de cable de acero recubierto con una lámina de cobre. La impedancia característica del cable coaxial utilizado para CATV es de 75 Ohm.

La principal desventaja del cable coaxial es su relativa pérdida. Su atenuación es función del diámetro del cable, construcción del dieléctrico, temperatura ambiente, y frecuencia de operación. Un cable de diámetro en 1.27 cm (media pulgada), trabajando a 181 MHz, tiene aproximadamente 1 dB de atenuación por cada 30 m., mientras que un cable de 2.54 cm (una pulgada), posee 0.59 dB.

El logaritmo de la atenuación (en dB) del cable varía con la raíz cuadrada de la frecuencia. Luego la atenuación a 216 MHz (canal 13) es el doble que a 54 MHz (canal 2), ya que la relación de frecuencias es de cuatro veces. Si el canal 2 tiene una atenuación de 10 dB en 300 m, el canal 13 tendrá 20 dB (Fig. 1).

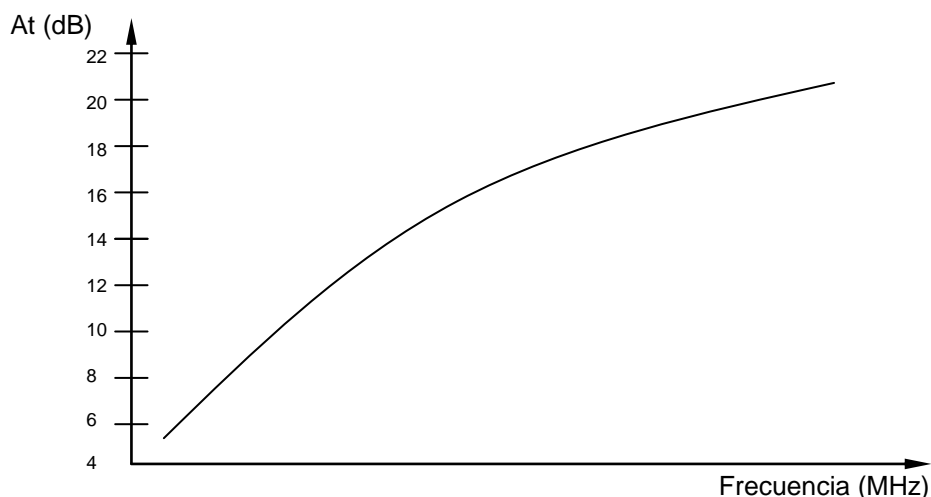


Fig. 1 - Atenuación vs. frecuencia en cable coaxial

Se puede estudiar las configuraciones tradicionales de redes coaxiales considerando cinco principales partes:

- 1) Estación cabecera.
- 2) Cable troncal.
- 3) Distribución zonal.
- 4) Acometida a la casa del abonado y su alambrado interno.
- 5) Equipo terminal del abonado.

Estación cabecera.

La estación cabecera es el punto de origen de la señal.

La estación cabecera dispone su equipamiento en:

- Antenas parabólicas satelitales, para la recepción de programas desde otros países, antenas parabólicas de radioenlaces en microondas terrestres para recepcionar señales desde emisoras de difusión abierta (broadcasting) y en VHF y UHF para recepcionar emisiones de TV abierta.

- Demoduladores, que extraen la banda base de video y audio de las señales aéreas en radio frecuencia RF.
- Receptores y decodificadores satelitales, para extraer la banda base de señales desde satélites.
- Receptores de VHF / UHF o microondas, operando en banda base de televisión abierta.
- Receptores ópticos, para los cables troncales de fibra óptica.
- Conversores de normas PAL / SECAM / NTSC, tipos N, M, B y G.
- Moduladores, que permiten construir a partir de señales de banda base una señal de banda ancha sobre portadora de RF, para ser distribuida, estándar IRC / HRC.
- Combinadores, que combinan distintas señales de TV de salida de los moduladores e insertarlas al cable coaxial.
- Procesadores de señales combinadas de modulador y demodulador, que ajustan el nivel y retransmite canales abiertos, en nuevo canal.
- Codificadores mezcladores, scramblers, de las señales de video y/o audio para evitar la recepción a programas o canales no autorizados.

Tales equipos permitirán la recepción de señales, originar y editar programas locales, la grabación en cintas de video de su programación y de los comerciales, así como retransmitir señales a otras emisoras, etc. (Fig. 2).

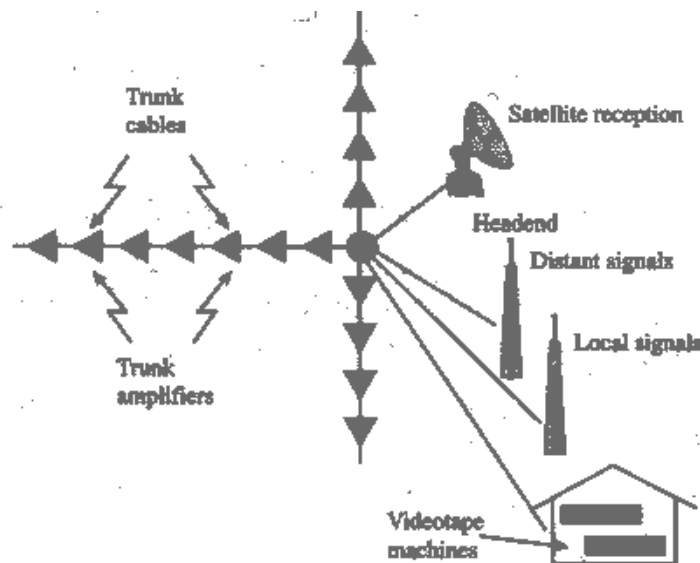


Fig. 2 - Sistema cabecera

Cable troncal

El cable troncal transporta la señal a las zonas barriales. Su principal función es la de cubrir tal distancia preservando la calidad de la señal. El equipamiento de la red troncal dispone de amplificadores troncales. Estos tienen características de baja distorsión a bajo nivel de salida. Pueden poseer salidas de distribución tipo bridge.

El número de amplificadores empleado dependerá de la longitud de la red troncal, entre la cabecera y la zona de servicios.

Los amplificadores instalados en cascada en una ruta troncal (llamada una corrida) están limitados por el ruido acumulado de acuerdo al factor $10 \log N$ (donde N es el número de amplificadores a lo

largo de la cascada), el que es llamado distorsión por ruido (building-up). Podrán instalarse para una aplicación con relativo ancho de banda, unos 30 amplificadores, aunque primitivos sistemas con pocos canales pueden tener tanto como 60 amplificadores en cascada (Fig. 3).

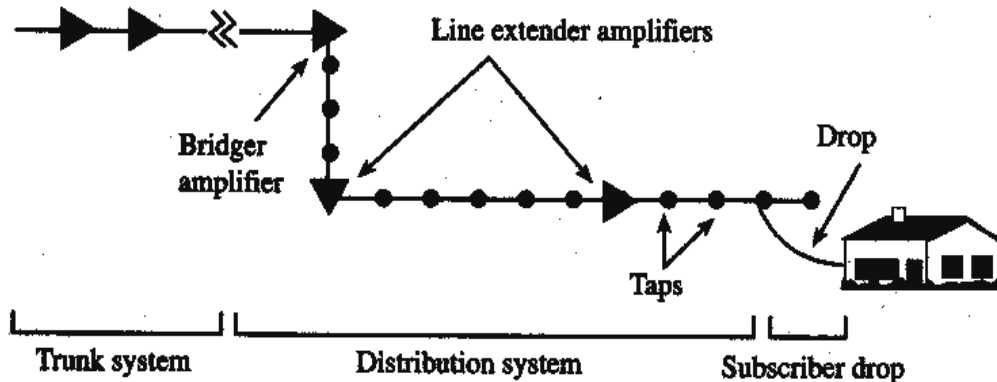


Fig. 3 - Planta de distribución.

La red troncal podrá estar constituida con cables coaxiales de 0.750", 0.860", 0.875", 1.00" y 1.25" de diámetro. A mayor diámetro, le corresponderá menor resistencia eléctrica, por unidad de longitud. La práctica actual es construir la red troncal empleando cables de fibra óptica, aunque existen todavía troncales en coaxial. Con cables coaxiales se requieren instalar amplificadores cada 600 m, dependiendo esta distancia del ancho de banda del sistema. Esta planta comprende aproximadamente el 15 % de la red.

Distribución zonal

La distribución zonal o alimentación barrial se realiza mediante cables coaxiales, que disponen cajas de derivación (taps), las que permiten la conexión de la acometida al domicilio del abonado. Estos cables tienen como interfaz al cable troncal un amplificador denominado amplificador puente (bridge amplifier), que incrementa el nivel de la señal para llegar correctamente a múltiples hogares. Los elementos activos de esta red, corresponden a amplificadores de distribución, de alta distorsión y con alto nivel de salida.

Los elementos pasivos de la red de distribución, (que no recibe alimentación eléctrica), comprenden los taps para instalar las acometidas de abonados y los divisores de señales ópticas (splitters), para dividir la línea en 2, 4 u 8 partes.

Si se desea una red para servicios bidireccionales, no se deben utilizar mas de tres divisores, ya que a medida que se divide la señal, mas usuarios comparten el ancho de banda lo que producirá efectos indeseables como ser la producción de ruido. En este sector de red se podrá disponer elementos adicionales como ser:

- Generadores del fluido eléctrico, que permiten proveer la tensión de alimentación a la red,
- Rectificadores de alimentación, que llevan la corriente alterna a corriente continua, alimentación de los amplificadores,
- Conectores de cables y terminales.
- Acopladores direccionales de potencia, que permiten tomar derivaciones de una línea de energía con un menor nivel, dejando pasar la corriente alternada,

El sector de ramales de distribución, podrá incluir cables coaxiales de 0.412", 0.500" y 0.625" de diámetro. Uno o mas amplificadores, denominados generalmente extensores de línea, son incorporados en los ramales de distribución. Esta planta comprende aproximadamente el 40 % de la red.

Acometida a la casa del abonado

La acometida a la casa del abonado o cable de bajada y su cableado interno, se efectúa mediante un cable coaxial flexible que tiene una longitud típica de 45 m (Fig. 4).

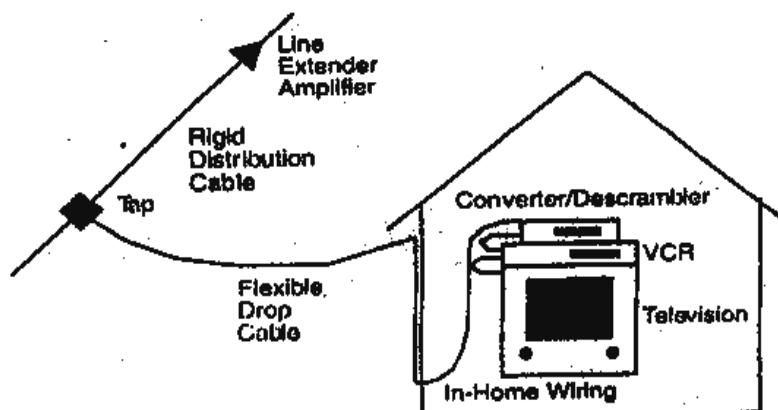


Fig. 4 - Equipos terminales y acometida al domicilio del abonado

La sección de acometida al abonado, podrá montar cables tipo RG-59, RG-6, RG-7 y RG-11 Esta planta comprende aproximadamente el 45 % de la red.

Equipos de abonados

En un caso simple el terminal del abonado esta representado por el aparato de televisión. También se podrá disponer de una videocasetera tipo VCR para grabar y/o reproducir programas, un decodificador de canales condicionados, un conversor de frecuencias para lograr sintonizar canales no disponibles en el televisor y/o un conversor / decodificador inteligente del tipo STB, que contenga las funciones de un codificador para sistemas PPV o IPPV y que permita la operación bi-direccional para el uso de servicios interactivos como ser telecompra o homebanking.

Tanto el conversor como el codificador o el STB disponen de un sintonizador interno que laboran típicamente con el canal 3 ó 4. La sintonía se logra seleccionando los canales dentro de la gama de frecuencias establecidas y disponibles por la empresa de CATV local (Fig. 5).

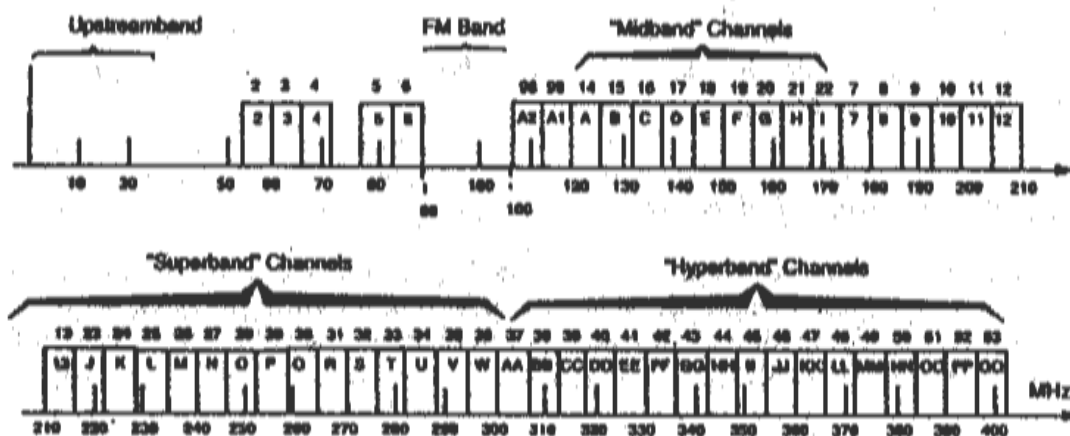


Fig. 5 - Plan normalizado de frecuencias

En la figura los números superiores indican la asignación del estándar EIA (Electronics Industry Association), mientras los inferiores indican la designación histórica de canales en USA.

Conformación de la red total

Al finalizar la construcción de la red se observará una conformación tipo árbol con troncales y ramales bien definidos (Fig. 6).

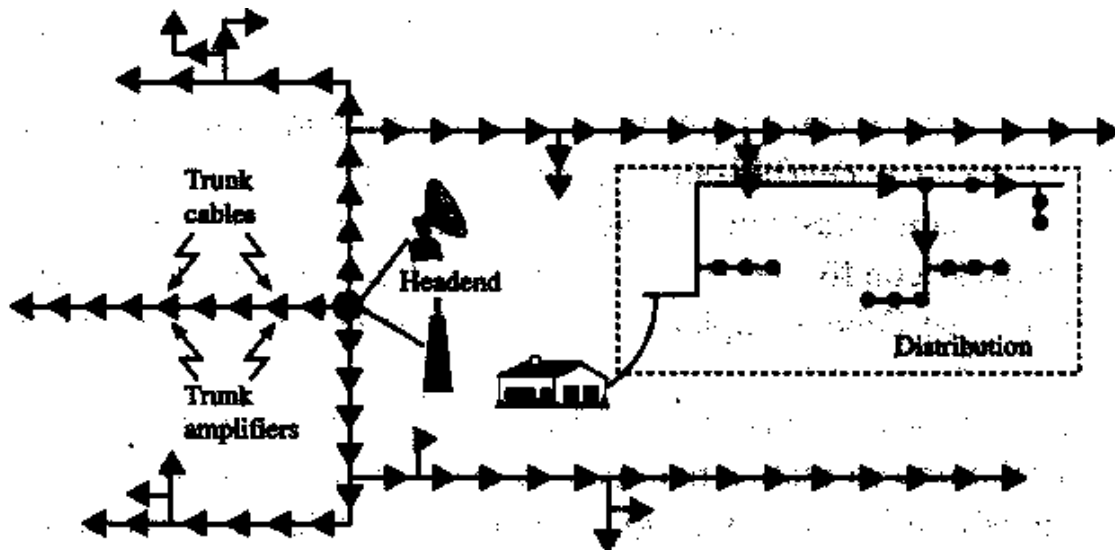


Fig. 6 - Conformación de la topología tipo árbol

Emplazamiento de los equipos

Una cuestión secundaria, pero de la mayor importancia práctica a la implementación de una red, la constituye la ubicación de los equipos coaxiales terminales, comunes a varios abonados. Existen dos alternativas de emplazamiento, con ubicación fuera del domicilio del cliente o dentro del mismo.

La primera opción podrá ser implementada de dos formas distintas, en fachada o en pedestales ubicados en aceras. En todos los casos los equipos son alojados en armarios de regular dimensión.

En el caso de ubicar los equipos dentro del edificio se buscará emplazar el armario en un sótano de acceso común. El caso de instalación en fachada será factible para áreas de baja densidad poblacional, mientras que el caso de instalación en acera será dado para áreas de mayor densidad demográfica, siempre que se disponga de suficiente espacio y que fuera factible la concesión de los permisos municipales correspondientes.

Los equipos coaxiales terminales, ubicados dentro del edificio plantean como ventaja el no requerir gabinete para intemperie y obtener facilidades más simples en la toma de energía eléctrica. Por su mayor accesibilidad la experiencia inclina hacia la opción de emplazamiento exterior.

Toma de energía eléctrica

La alimentación eléctrica de los equipos se relaciona a la condición tradicional de mantener la continuidad del servicio telefónico básico sin interrupciones.

El potencial de corriente alterna se toma desde la fuente de potencia y es insertado en la red por medio de un implemento denominado LPI (Line Power Insert). La fuente provee un voltaje de 60 VAC (RMS) en forma de onda cuasicuadrada. Esta onda cuasicuadrada es un compromiso entre una onda cuadrada y una onda senoidal. Esta forma de onda se utiliza por disponer de mayor valor eficaz RMS (Root Mean Square) o valor cuadrático medio, para un mismo valor pico de tensión.

En caso de red coaxial / pares trenzados, la alimentación se podrá efectuar a través de los coaxiales, centralizando la generación eléctrica y llevándola por este intermedio a las cercanías del cliente. Los inconvenientes se originan al emplear corrientes eléctricas con formas de ondas cuasicuadradas las que provocan altas pérdidas, por lo que se deberá implementar poderosos generadores y baterías en las centrales.

Al emplear redes híbridas fibra / coaxial no es posible enviar alimentación eléctrica desde la central como se realiza habitualmente con la red de pares trenzados

Una solución sería la instalación de cables mixtos, ópticos y de conductores de cobre, o cables paralelos como alimentadores, recurso totalmente antieconómico. Otra forma es la alimentación desde el domicilio del cliente, mas de esta forma no se obtiene seguridad para los cortes de energía

accidentales o producidos adrede. Ello requeriría colocar baterías de respaldo, lo que encarecería al sistema.

Una tercera opción es recurrir a la telealimentación desde los centros remotos, donde se debe implementar la toma de energía a la red eléctrica pública y disponer las baterías de respaldo, que garanticen cortes por varias horas; de 4 á 10 horas según el servicio operado.

A. 11. 2. 2. Calidad de la señal

La red de distribución de TV por cable debe cumplir severas normas de calidad. En caso contrario la señal que recibe el abonado, por hacer uso de modulación analógica, se traducirá en degradaciones perceptibles de la imagen. Por otra parte el objetivo del sistema de CATV es permitir una adecuada calidad de servicio a un aceptable precio que compense sus altas inversiones.

Este difícil balance no sería necesario si se dispusiera brindar alta calidad de video sin importar la consideración de los costos. Definir la calidad de servicio será considerar múltiples factores como ser calidad de imagen, sonido, variación de la programación, etc. Los principales parámetros, según normas del FCC de EUA, son:

- Nivel de entrada > 0 dBmV,
- Relación señal de portadora / ruido (CNR) > 43 dB,
- Relación portadora / modulación cruzada (C / Xmod) 53 dB,
- Relación portadora / batido de segundo orden compuesto (C / CSO) 51 dB,
- Relación portadora / batido triple compuesto (C / CTB) 51 dB,
- Hum (zumbido interferente presente en pantalla, originado por el batido con frecuencia de líneas de potencia).

El factor mas importante en la calidad de la imagen, sonido y video, es el ruido. Se expresa en la relación de ruido a portadora de canal CNR (Carrier to Noise Ratio), su valor característico es de 48 á 50 dB. Se presenta el efecto de lluvia o nieve en la pantalla entre 42 á 44 dB, siendo intolerable entre 40 á 41 dB.

Otro efecto se produce por reflexión de la señal debido a discontinuidad de la impedancia característica de la línea que produce la modulación cruzada llamada de batido, ofreciendo sobre la pantalla movimientos erráticos diagonales. Valores recomendados para lograr una correcta señal están dados por organismos tales como el FCC de USA:

VALORES CARACTERÍSTICOS DE CALIDAD DE SEÑAL : FCC

Parámetro	Valor
Nivel de señal de TV	0 á 3 dBmV
Carrier / Noise (CNR)	48 á 50 dB
Batido de segundo orden compuesto (CSO)	51 dB
Portadora / modulación cruzada (C / Xmod)	53 dB
Batido triple compuesto (CTB)	51 dB

Las mediciones de los niveles de la señal se realizan en dBmV, es decir relativos a 1 mV medidos sobre 75 Ohm. El objetivo es obtener una figura de ruido entre 0 á 10 dBmV en el receptor de TV, valores menores producen nieve y efectos de modulación cruzada.

Como el objetivo del cable troncal es transportar la señal en largas distancias con mínima degradación, es utilizada la fibra óptica o cable coaxial de baja perdida, como lo es el de 1.9 cm (0.75 ") de diámetro, mientras que coaxiales de 1.27 cm (0.50") se emplean en ramales de distribución. La se-

ñal en el sector troncal es ampliada de 30 á 32 dBmV, espaciando los amplificadores el equivalente a 20 dB.

A. 11. 2. 3. Conversor inteligente, STB

La introducción de nuevos servicios en la red de CATV, además de la difusión de televisión, con otros servicios adicionales tan o mas importantes, Internet, telefonía, datos de alta velocidad, entretenimientos, etc., debe hacer uso de un conversor inteligente, STB (Set Top Box). El mismo deberá disponer, para cada servicio con alguna de las siguientes funciones:

- Decodificación de canales codificados,
- Recepción de la información digital transmitida sobre una subportadora asociada al canal sintonizado o por un canal dedicado a ese fin,
- Memoria no volátil protegida,
- Transmisión de datos digitales por canal de retorno,
- Generación de caracteres y posibilidad de sobreimprimirlos en pantalla.

La decodificación sirve al control de transmisiones de fútbol, películas condicionadas o premium, de mayor calidad o comercialización diferenciada. Uno de los métodos de codificación es dado por la supresión del sincronismo.

La recepción de la información digital transmitida sobre una subportadora asociada al canal sintonizado o por un canal dedicado a ese fin, sirve como información necesaria a la decodificación de canal o programa determinado. Esta información podrá ser enviada por mensajes broadcast o dirigidos a cada cliente.

La memoria no volátil sirve a los servicios de PPV, por ejemplo información de tarificación definida. Es protegida contra intervenciones del cliente. La transmisión de datos digitales por canal de retorno sirve a la comunicación bidireccional, por ejemplo en el servicio PPV recoger los datos de tarificación registrada en el STB.

La generación de caracteres de vídeo con posibilidad de sobre imprimirlos, se utiliza para enviar mensajes generados por el operador o el mismo STB, por ejemplo de interrupción o codificación de programas.

Los STB inteligentes podrán ser programados a distancia en forma general o individual. Por ejemplo en el servicio IPPV, en el mismo se podrá decodificar los primeros cinco minutos del programa de un canal y si no recibe confirmación del pago diferenciado, vuelve al estado de codificado.

El servicio de teleguía reside en ayudar al cliente en la selección de programas. La cabecera envía por ejemplo, un menú al STB de la programación de varios días, por horario, canales o tipo de programas. El STB para este caso deberá disponer del generador de caracteres.

A. 11. 2. 4. Redes coaxiales

En un comienzo las redes para CATV son comercializadas por múltiples operadores, por ello se configuraban múltiples pequeñas redes.

En estas condiciones de pequeñas áreas, los cables coaxiales sirven en forma óptima a los clientes. Estas redes están conformadas por varios cables coaxiales que nacen en la central cabecera como troncos y de los que parten los ramales de distribución.

Los cables troncales tienen características de baja atenuación, los amplificadores troncales están espaciados cada 700 m y operan a bajo nivel de señal a fin de no producir distorsiones producidas por los elementos electrónicos activos. Con esta conformación, no es posible cubrir muy grandes distancias por la degradación de la señal en la red troncal (Fig. 7).

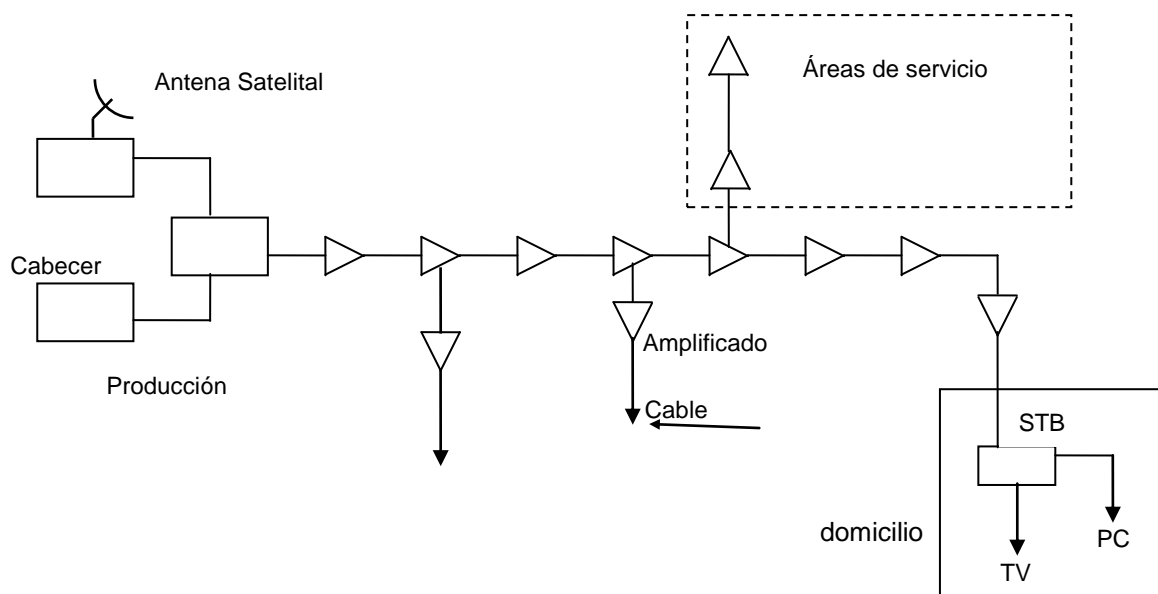


Fig. 7 - Red coaxial

Los canales de retorno son compartidos por todos los clientes (de 2000 a 200 000 o más), resultando que el ancho de banda disponible es insuficiente. Como consecuencia, sobre el canal de retorno, en la cabecera, solo se recibe ruido.

A. 11. 2. 5. Red híbridas fibra - coaxial, HFC

La evolución de la arquitectura de la red, prosiguió como consecuencia de la fusión de los distintos productores de programas de CATV y operadores de las redes. La nueva red resultó entonces, con múltiples cabeceras. Como la programación emitida deberá ser la misma en todas las áreas, excepto a algunos canales zonales, exigió unir entre sí las cabeceras.

Por cuestiones de confiabilidad, capacidad y calidad de la señal se pasó de enlaces coaxiales a vínculos con fibra óptica. En las cabeceras se retiraron los equipos de transmisión, luego con la provisión de amplificadores de fibra óptica, surgió la posibilidad de confeccionar nuevos recorridos sin utilizar las primitivas cabeceras locales, salvo para casos especiales de emitir canales zonales.

Al generalizarse el uso de la fibra, ya no solo se empleó como enlaces de redes o troncales, sino que también se instalaron en ramales de gran longitud combinándolas con cables coaxiales. Los tramos troncales, columnas vertebrales de la red (backbone), realizados en fibra óptica permiten llegar con ésta hasta centros de distribución secundarios, llamados nodos ópticos, donde amplificadores y divisores de la señal, dan origen a ramales distribuidores que cubren las áreas de servicio.

La red se podrá construir en ramales aéreos o subterráneos, dependiendo de las reglamentaciones edilicias vigentes. Los nodos ópticos son ubicados externamente, en fachada, pedestales o en postes. Estos nodos realizan la conversión óptico-eléctrica de la señal para alimentar los cables coaxiales. A medida que se reduzcan las zonas de servicio, la extensión de la red distribuidora es menor y se reduce el número de amplificadores de distribución.

En general, las áreas de servicio de tamaño reducido, sirven a 500 domicilios. En un principio, mientras no se utilice a plenitud la función interactiva y a fin de disminuir costos, cada uno de éstos nodos ópticos podrá servir áreas de hasta 2000 domicilios.

El diseñador deberá confeccionar en distintas situaciones, para diversos proyectos, esquemas futuros de áreas para 500 domicilios, de tal forma que las actuales áreas de 2000 domicilios, puedan en cualquier momento ser subdivididas. Para el caso de utilización de canal de retorno las áreas de servicio se reducirán a 500 casas, dentro de los hogares pasados (domicilios en calles cableadas).

A cada nodo óptico llegarán dos fibras ópticas. El canal hacia los clientes puede ser implementado con una red pasiva, siendo alimentados todos los nodos con la misma central, la fibra de retorno será individual para cada nodo.

Las ventajas del uso de la fibra óptica son:

- Ancho de banda muy amplio,
- Mejorar la calidad final de la señal,
- Ser inmune a las señales interferentes,
- Brindar mayor confiabilidad,
- Disminuye el número de amplificadores,
- Muy flexible a disponer topologías anillo, árbol, bus o árbol.

El esquema de troncal de fibra óptica, combinado con cables coaxiales, toma la forma de topología tipo árbol (Fig. 8).

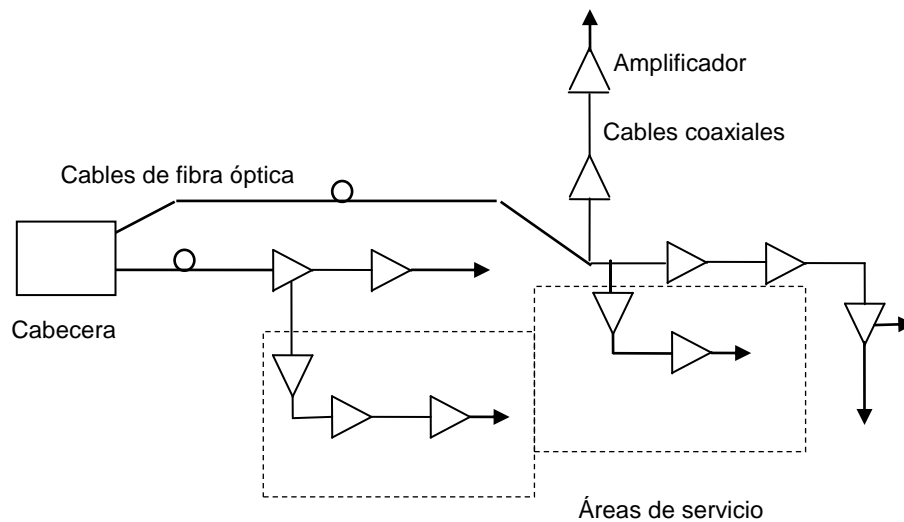


Fig. 8 - Sector troncal (backbone) de fibra

Las ventajas de una red HFC, radican en producir una plataforma económicamente provechosa, para la prestación de los servicios de CATV. Contiene un ancho de banda por usuario, que permite la evolución hacia sistemas con conmutación digital de video y servicios multimedia interactivos.

Las desventajas se centran en una alta sensibilidad a las pérdidas de retorno, originadas por conectores y empalmes.

Se podrá utilizar modulación analógica del Láser, en AM ó FM. La transmisión puede ser en 1310 nm ó en 1550 nm, En tercera ventana, 1550 nm se alcanzan mayores distancias, debido a la menor pérdida, dB/Km.

La siguiente tabla resume las principales características de posibles redes a desarrollar.

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISTINTAS ARQUITECTURAS DE REDES DE CATV

	Coaxial	Multicabecera	Troncal de FO	HFC
Costo	Bajo	Medio	Medio	Alto
Confiabilidad	Baja	Media	Media	Alta

Calidad	Baja	Media	Media	Alta
Ruido canal de retorno	Alto	Medio	Alto	Bajo
Ancho de banda de retorno	Bajo	Medio	Bajo	Alto

Como vimos, la red de CATV podría estar constituida íntegramente por cables coaxiales o por redes híbridas de cables de fibra y cables coaxiales, también se podrá como alternativa emplear redes construidas enteramente con cables de fibras ópticas. En estas redes se reemplaza la red troncal y distribuidora, hasta los nodos ópticos y/o áreas de servicio, con fibra óptica, de tal forma se eliminan los amplificadores troncales. Cada nodo óptico operará en forma independiente.

Según el tipo de cliente, grandes edificios, negocios o clientes residenciales, se podrá llegar, con distintas topologías y cables. Actualmente en general se combina las formaciones en anillo con topologías tipo árbol. Los anillos ópticos, mediante técnicas FDDI, al reconstruir los caminos de servicio, proveen dos caminos de acceso a cada nodo, aprovechable para los servicios interactivos o como enlace de reserva para posibles fallas en la red.

A. 11. 3. Relevos de la red de acceso CATV

Con el paso de los años, el proporcionar relevos a las redes existentes de CATV se ha transformado en la prioridad mas importante. Una suma de eventos ha contribuido a incrementar la necesidad de relevar las redes actualizándolas a las necesidades del mercado.

Sin lugar a duda, la liberalización de los servicios y la alta competencia entre operadores han originado el motivo inicial, sin embargo mas trascendental aún ha sido, el proporcionar no solo VoD o HDTV, sino contribuir a satisfacer los servicios de comunicaciones personales PCS (Personal Communication System).

A. 11. 3. 1. Relevos iniciales

Vimos que las primeras redes estaban conformadas bajo una combinación de cables coaxiales. Generalmente, estas redes se ampliaban en forma lineal, agregando ramales de distribución, de tal forma resultaban conformadas con una serie inconveniente de amplificadores troncales funcionando en cascada.

La solución la proporcionó la fibra óptica, en cuanto permitió cubrir largos trayectos con mínimas pérdidas. El recurso mas conveniente pareció ser interceptar nodos ópticos en el recorrido del trayecto del cable troncal, alimentados desde la estación cabecera o el concentrador remoto, con largos tramos de fibra óptica, mediante los cuales se dividió estos trayectos en sectores independientes.

La arquitectura conformada se la denominó fibra al área del cable CAN (Cable Area Network). En un principio, al nodo receptor llegó tanto el cable coaxial existente, como la fibra de relevo. En el nodo la señal óptica era convertida en señal de RF y se seleccionaba la señal que llegaba por la fibra o por el coaxial (Fig. 9).

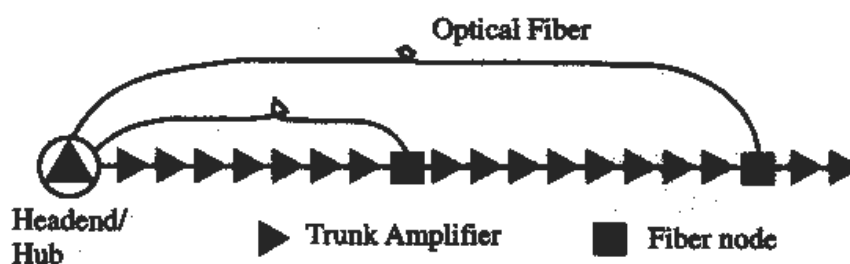


Fig. 9 - Relevo tipo fibra al área del cable (CAN)

Como en un principio la fibra óptica no contaba con la confianza suficiente de no producir fallas, se instalaron en dichos nodos relevadores que conmutarían la señal al troncal coaxial, que se mantenía vinculado. En realidad se conmutaba al cable coaxial solo en caso de falla de la fibra. Con ello se minimizaban los efectos indeseables proporcionados por los amplificadores instalados en cascada, incrementando a su vez la calidad de la señal a utilizar de fibra óptica.

A. 11. 3. 2. Relevo de áreas de servicios

Las redes iniciales de cables coaxiales en muchos casos habían creado importantes plantas de distribución por lo que estos primeros relevos fueron severamente criticados, lo que originó nuevos estudios y nuevas soluciones.

El éxito de las redes CAN, llevo a la creación de diseños mas avanzados. Uno de estos arreglos fue el determinar áreas de servicio, las que serían servidas por nodos ópticos, vinculadas desde la cabecera mediante cables alimentadores de fibra óptica. A estas arquitecturas se les llamó, fibra al área de servicio FSA (Fiber to the Serving Area) (Fig. 10).

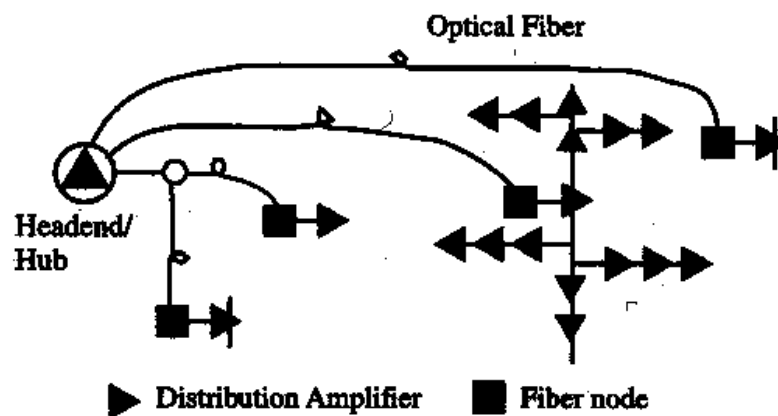


Fig. 10 - Relevo tipo fibra al área de servicio (FSA)

La eliminación del respaldo de cable coaxial, dado en el método anterior, creó la necesidad, en ese momento, de implementar elementos redundantes, estudiar los métodos de restablecimiento rápido del servicio en caso de fallas y efectuar verificaciones constantes de la calidad del servicio para prevenir su aparición. Los operadores mensuraron los tiempos fuera de servicio, estudiaron los mejores métodos para la rehabilitación rápida del servicio y las causas que las determinaban.

Se analizó la cantidad de falla por mes y el total de minutos fuera de servicio por mes, comparándola con los métodos de relevo anteriores y la posición relativa del abonado en la red. El resultado de los estudios aconsejó incrementar los elementos redundantes para disminuir los tiempos fuera de servicio, cuidar la calidad de estos elementos y la correspondiente a la mano de obra de instalación y del mantenimiento, así como disponer de convenientes registros. Este método dio servicio expandido a 550 MHz, principiando en USA, con 2500 hogares.

A. 11. 3. 3. Relevo mediante amplificadores puente

Al generalizarse el método de relevo con creación de áreas de servicio, conformó redes del tipo estrella, desde la estación cabecera. Estos relevos de redes coaxiales permitió efectuar reingenierías con bajos costos, sin embargo a producido en las distintas áreas a intervenir, tiempos altos fuera de servicio para efectuar los relevos. Se considera un termino medio de un día fuera de servicio, para producir el relevo del cable alimentador, conexión al nodo óptico y la reubicación de los amplificadores afectados.

Por otra parte muchos operadores estaban deseosos de reutilizar los cables existentes, tanto como fuese factible. Se creó luego, el método y arquitectura denominada, terminación de tronco con ter-

minal intermediario FITT (Forward Intermediate / Terminating Trunk) a modo de nueva versión del cable troncal en fibra óptica (Fig. 11).

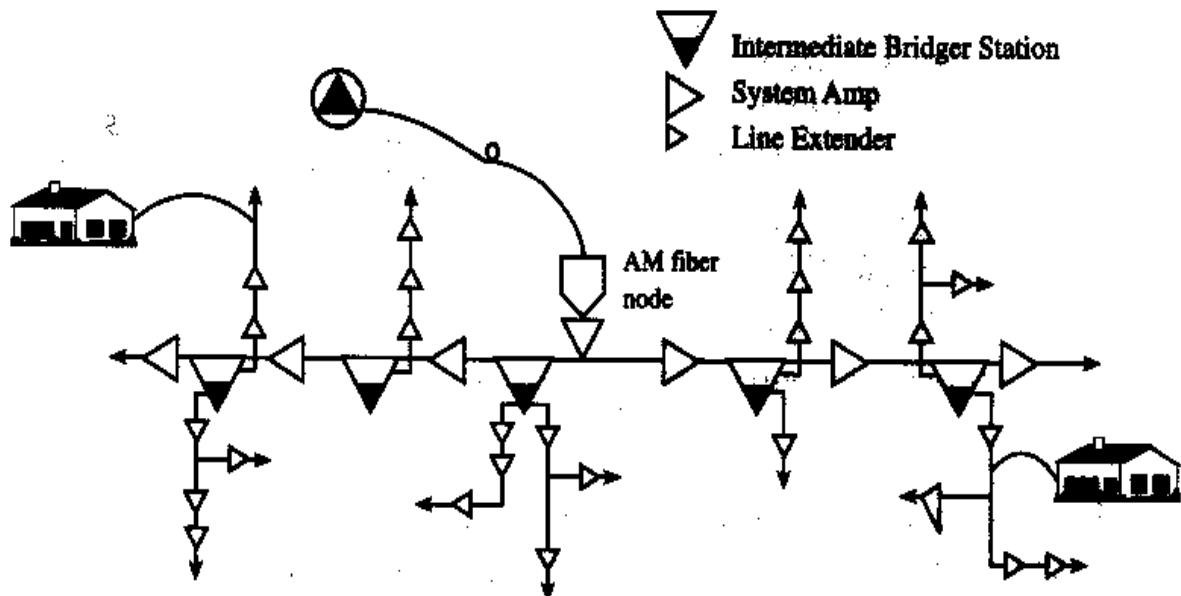


Fig. 11 - Relevo mediante arquitectura FITT

Esta arquitectura además de permitir alimentar un sector de red mediante fibra óptica y un nodo amplificador, provee estaciones puente que actúan como derivadores de los cables coaxiales alimentadores existentes a los distintos ramales distribuidores.

Las estaciones puente aíslan la cadena de amplificadores en cascada, lo que permite anular sus indeseables efectos. Estas actúan como acopladores direccionales o divisores pasivos (splitters) de las señales.

Tal arquitectura también provee servicios hasta 550 MHz. Su ventaja principal radica en que los relevos se podrán efectuar con el mínimo tiempo fuera de servicio, ya que no es necesario reubicar los amplificadores. El punto de inserción será estudiado de forma tal que quede equilibrada la cantidad de amplificadores en cascada existente.

Un número guía de diseño, es considerar como límite máximo desde el nodo óptico un máximo de 8 amplificadores en cascada. Para este valor se considera 4 amplificadores sobre el cable troncal, 1 como estación puente (Intermediate Bridge Station), 1 amplificador distribuidor (System Amplifier) y 2 amplificadores sobre un ramal, como extensores de bucle (Line Extender).

A. 11. 3. 4. Relevo mediante conmutadores ópticos

El relevo de un enlace óptico y así la planta completa de CATV, puede ser una operación desproporcionada al tener que adicionar elementos redundantes al sistema. Su ejecución podrá ser facilitada con el empleo de un conmutador óptico que permita efectuar la permutación de los transmisores, receptores, medidores o las mismas rutas de cables ópticos con suma facilidad.

El operador del CATV podrá elegir el elemento con mayor probabilidad de sufrir fallas y emplazar un equipo redundante como respaldo (backup), mediante el conmutador óptico se podrá producir el recambio en caso de falla, mediante una simple operación de conmutación. La operación básica será, prever el reemplazo de un transmisor primario por otro de respaldo (backup) (Fig. 12).

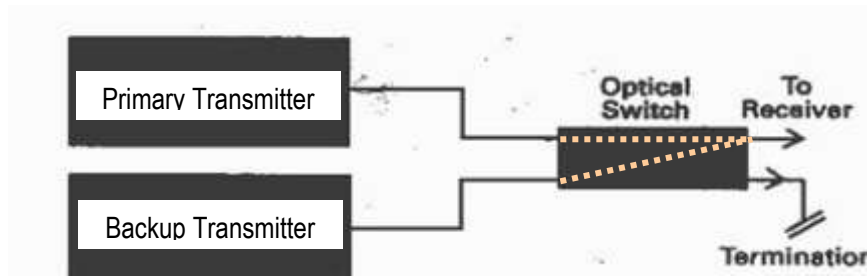


Fig. 12 - Transmisor de respaldo con conmutador óptico

Esta configuración también permite permutar un circuito transmisor - receptor, introduciendo un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR), sin necesidad de abrir las conexiones (Fig. 13).

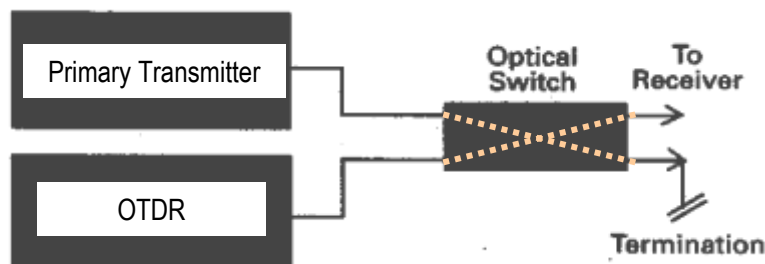


Fig. 13 - Prueba de un sistema mediante conmutador óptico

Un conmutador óptico podrá también ser utilizado para introducir un receptor de respaldo (Fig. 14) o mediante dos conmutadores ópticos conectar una fibra óptica alternativa (Fig. 15)

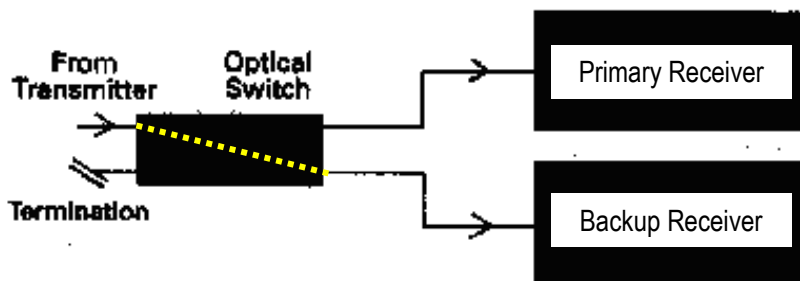


Fig. 14 - Receptor de respaldo con conmutador óptico

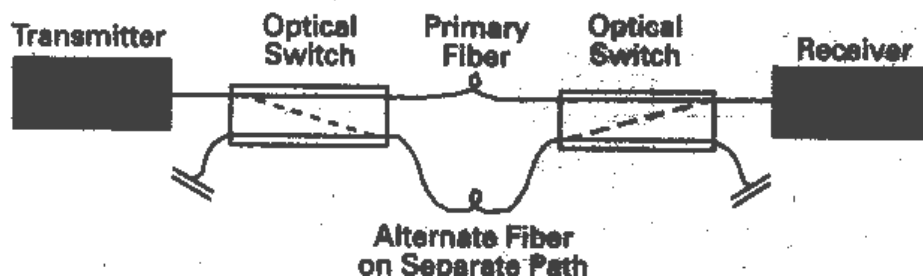


Fig. 15 Fibra óptica alternativa con conmutadores ópticos

Los tres elementos, transmisor, fibra óptica y receptor podrán ser combinados para un sistema completamente redundante (Fig. 16).

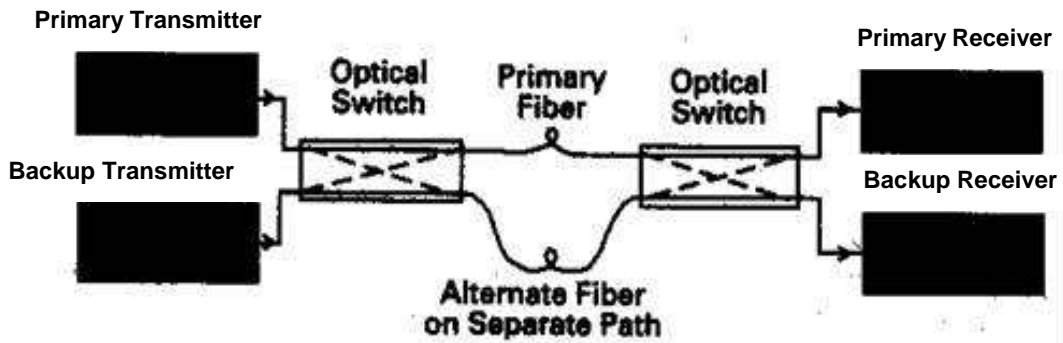


Fig. 16 - Transmisor, fibras ópticas y receptores redundantes

Proveer varios equipos redundantes eleva el costo de la red, luego se podrá considerar conveniente proveer un solo componente redundante y emplear la conexión apropiada de varios conmutadores ópticos (Fig. 17). También se podrá emplear los conmutadores ópticos para conectar dos amplificadores a una línea óptica (Fig. 18).

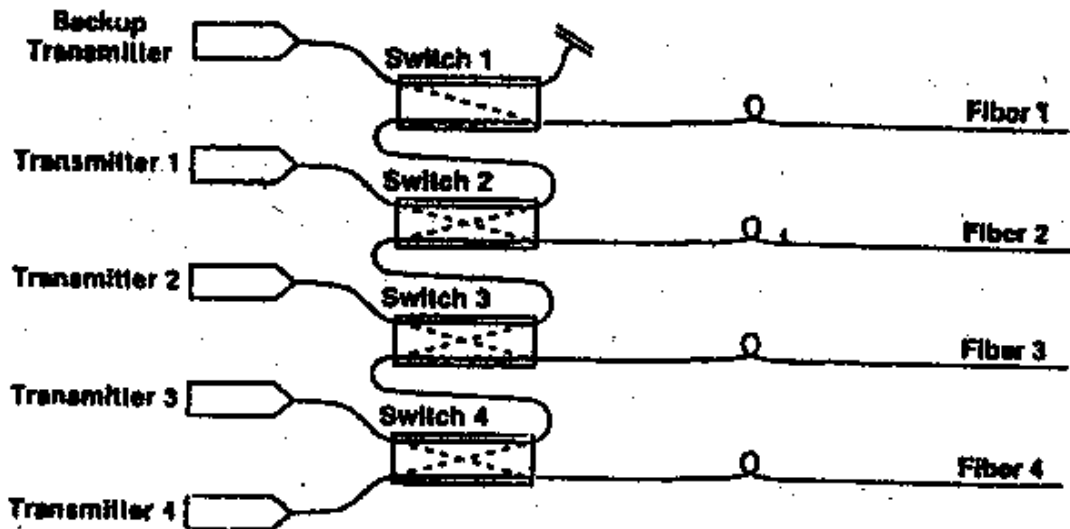


Fig. 17 - Transmisor de respaldo múltiple

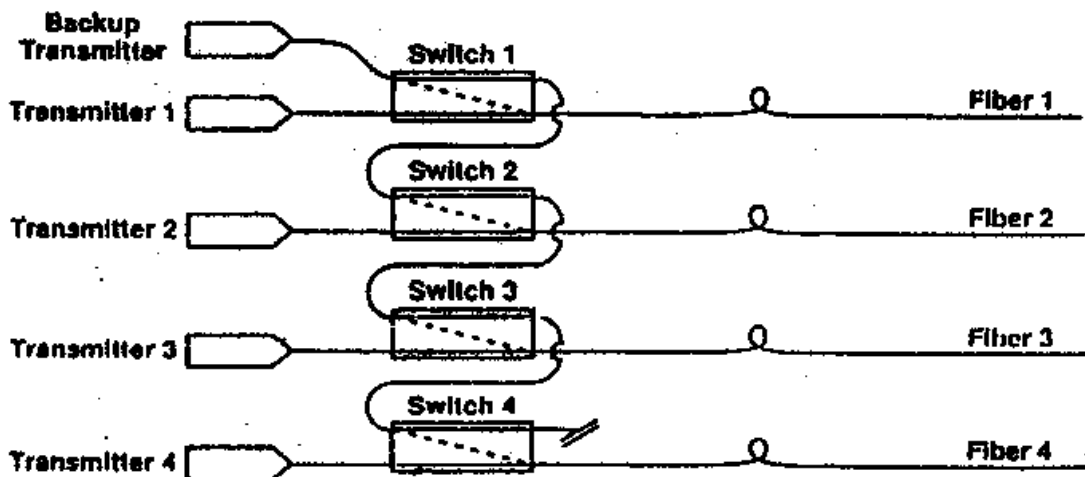


Fig. 18 - Línea óptica compartida

A. 11. 3. 5. Arquitectura de los relevos

Los distintos métodos de relevos para redes de CATV, anteriormente desarrollados, podrán ser catalogados como conformación de distintas arquitecturas diferenciadas:

- Supertronco (supertrunk)
- Tipo FBB (Fiber Backbone)
- Tipo CAN (Cable Area network)
- Tipo FTF (Fiber to the Feeder)

Arquitectura de supertronco

La limitación de amplificadores en cascada se podrá solventar implementando supertroncos que llevan las señales desde las estaciones cabeceras hasta centros de distribución (hub), en los que se efectúa la conversión del formato de modulación. Este enlace podrá, según el caso, ser del tipo coaxial, óptico o de microondas. El costo adicional de los Hub indica ser una solución no atractiva.

Arquitectura FBB

En la arquitectura de fibra troncal FBB (Fiber Backbone), se divide la red en zonas de servicio mas pequeñas cada una de las cuales es alimentada desde la cabecera mediante un enlace óptico de alta calidad a un nodo óptico receptor, con cuatro u ocho amplificadores.

En el caso de rutas coaxiales existentes con gran cantidad de amplificadores se podrán invertir el sentido de los amplificadores para proporcionar señales de retorno (Fig. 19).

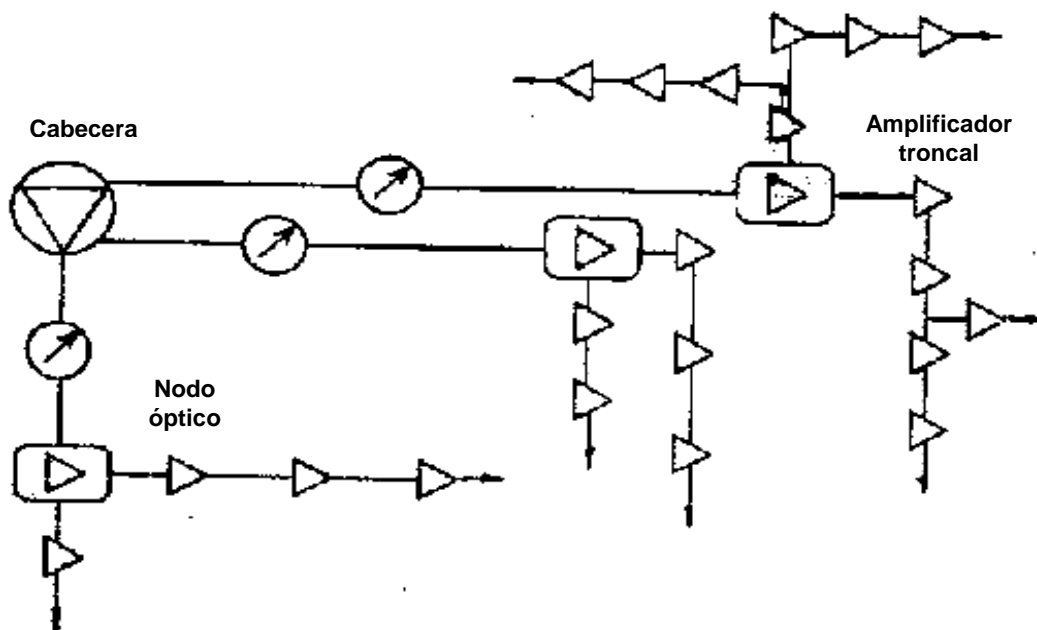


Fig. 19 - Arquitectura de fibra troncal (FBB)

Arquitectura CAN

La arquitectura denominada cable al área de red CAN (Cable Area Network), es similar a la FBB con la salvedad que se crean recorridos distintos a los cables coaxiales, hasta alcanzar los nodos ópticos receptores, manteniendo estos vínculos existentes como elementos de reserva, a ser conmutados en los nodos en caso de emergencia. Por esta razón no se dispone de señales de retorno.

Arquitectura FTF

Para reconstrucciones completas o construcciones nuevas la arquitectura de fibra al cable alimentador FTF (Fiber to the Feeder), es la mas adecuada, ya que no hace uso de amplificadores troncales y utiliza mayor cantidad de fibra óptica que los modelos anteriores.

En la técnica de CATV se suele llamar cable alimentador al que comúnmente designado como distribuidor, por esta razón a esta arquitectura se la designa como fibra hasta el alimentador (Fig. 20).

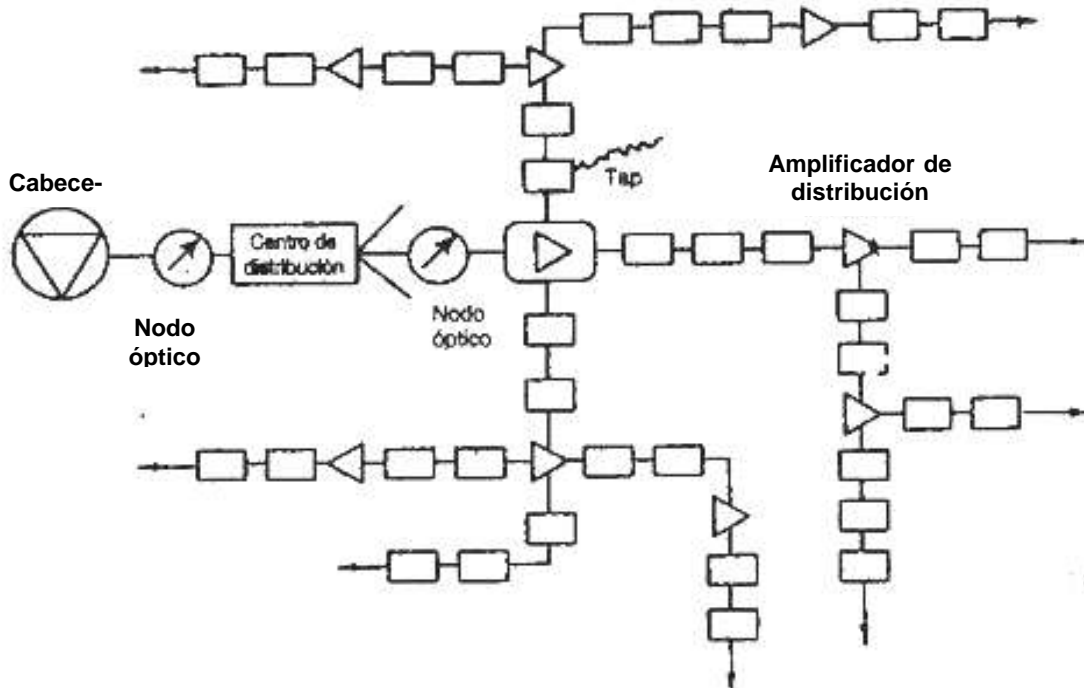


Fig. 20 - Arquitectura de fibra al cable alimentador FTF

A. 11. 3. 6. Arquitectura celular

El acelerado avance tecnológico dio origen a rápidos estudios de alternativas de redes y a sus variadas arquitecturas, con una alta variedad de términos, que provoca una severa confusión. Podremos nombrar las distintas arquitecturas empleadas tanto en redes de CATV, como en redes mixtas. Las mismas se podrán ordenar según la extensión de la red óptica:

CAN	: Cable Area Network	Cable al área de red de distribución.
FBB	: Fiber Backbone	Fibra como troncal.
FSA	: Fiber to the Service Area	Fibra al área de servicio.
FTTF	: Fiber to the Feeder	Fibra al alimentador.
FTB	: Fiber to the Bridge	Fibra al cable puente.
FTN	: Fiber to the Node	Fibra al nodo de distribución.
FTLE	: Fiber to the Line Extender	Fibra al amplificador distribuidor.
FTLA	: Fiber to the Last Amplifier	Fibra hasta el último amplificador.
FTTC	: Fiber to the Curb	Fibra hasta la acera o al pedestal.
FTT	: Fiber to the Tap	Fibra al distribuidor de acometida.
FTTH	: Fiber to the Building	Fibra hasta el edificio.
FTTH	: Fiber to the Home	Fibra hasta el hogar.

Para evitar este embrollo de nombres, será conveniente definir las arquitecturas en términos de celdas, lo que permitirá una mayor eficiencia en la planificación. Cada celda será un área de servicio alimentada desde un nodo óptico y con un centro de distribución propio.

El tamaño de la celda deberá tener en cuenta cubrir la demanda futura y con la flexibilidad de posibilitar su subdivisión por incremento de la demanda, para lo cual será provisto de fibras oscuras (de reserva), para evitar cableados adicionales.

La aproximación celular simplifica el diseño debido a su flexibilidad en relación a la introducción de nuevas tecnologías. A medida que disminuye el tamaño de las celdas crece el rendimiento y la cantidad de servicios que se podrán ofrecer. Todos los sistemas son alimentados por señales provenientes de una única estación cabecera.

A fin de subdividir las celdas, se adoptarán niveles celulares superiores. Los enlaces de los distintos sistemas se logrará utilizando un nivel de supercelda que vinculará la estación cabecera mediante fibra óptica, microondas, enlace satelital o una combinación de estas técnicas. Un anillo con doble sentido de transmisión, podrá brindar redundancia beneficiosa para el caso de una falla.

Superceldas

Las superceldas han sido definidas en los años de 1980, debido al alto costo de la optoelectrónica, lo que permitía compartir los equipos entre gran cantidad de abonados, de 7000 á 9000 hogares. Surgieron luego las arquitecturas FBB y CAN permitiendo reducir el número de amplificadores y mejorar la CNR y la distorsión (Fig. 21).

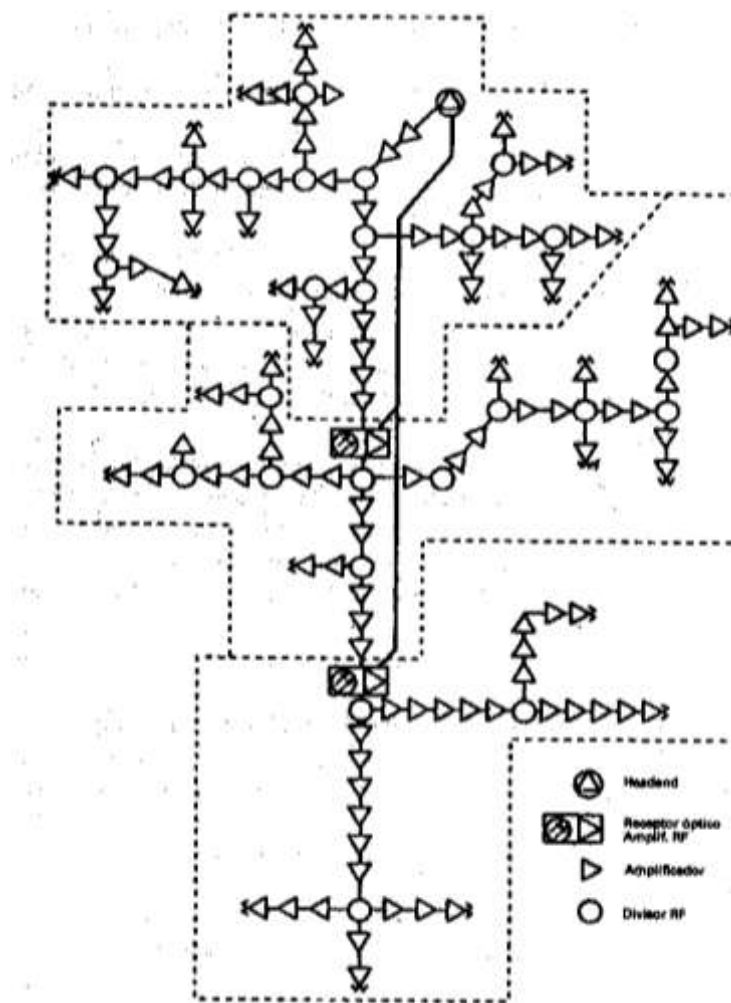


Fig. 21 - Red de superceldas

Celda standard

Cada celda estándar sirve a 2000 ó 2500 hogares. Entre las arquitecturas utilizadas se encuentran las FTLE y FTTF. Los cables de fibra óptica utilizados en este tipo de celdas incluyen dos o tres veces el número de fibras que aquellos para las superceldas.

Debido a la reducción de la cantidad de amplificadores en cascada en la red de distribución se logra un rendimiento mejor distribuido (Fig. 22).

Minicelda

Una minicelda posee de dos a cuatro amplificadores de distribución en cascada, lo que puede servir a 500 ó 650 hogares. En áreas urbanas densas las cascadas pequeñas permiten anchos de banda de 1 GHz. En áreas rurales 750 MHz es el valor característico, ya que aquí las áreas serán mas extendidas. Las arquitecturas mas utilizadas son las FTLE y FTTF.

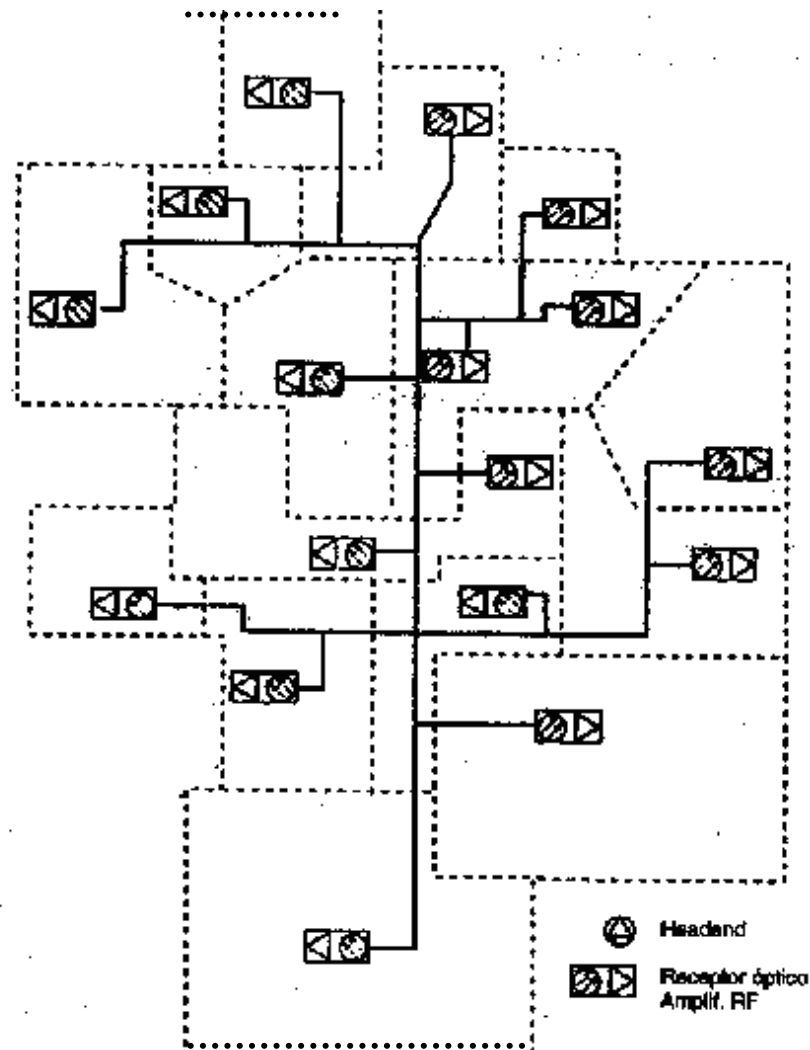


Fig. 22 - Red de celdas standard

Microceldas

Las microceldas tienen un tamaño aproximado a la cuarta parte de una minicelda. En áreas urbanas no incluyen equipamiento activo luego del nodo óptico. En áreas rurales se requerirán uno o dos amplificadores de distribución para cubrir de 100 á 150 hogares.

Las arquitecturas utilizadas son FTTF y FTB, aunque también las FTN y FTLA o asimismo las FTTC y FTT, como equivalentes. En zonas muy densas es conveniente el uso de técnicas WDM para evitar el empleo de gran cantidad de fibras ópticas.

Picoceldas

Las picoceldas están constituidas con menos de 50 hogares por celda. Lo que resulta una red sumamente costosa. Las arquitecturas FTTH, FTTC y FTT.

CARACTERÍSTICAS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CELDAS

	Supercelda	Celda Estándar	Minicelda	Microcelda	Picocelda
Abonados pasados	7000 á 9000	2000 á 2500	500 á 650	100 á 150	hasta 50
Ancho de banda de distribución	54 á 550 MHz	54 á 700 MHz	50 á 1000 MHz	50 á 1000 MHz	50 á 1000 MHz
Ancho de banda de retorno	5 á 30 MHz	5 á 30 MHz	5 á 30 MHz	5 á 30 MHz	5 á 30 MHz
Nº de amplificadores de distribución	10 á 15	4 á 8	2 á 4	1 á 2	0
CNR	45 á 47 dB	48 á 50 dB	50 á 51 dB	50 á 52 dB	49 á 53 dB
CTB	-51 á -53 dB	-53 á -55 dB	-55 á -59 dB	-60 á -62 dB	-61 á -63 dB

A. 11. 4. Bandas del espectro de frecuencias

Haciendo uso de multiplexación por división en frecuencia (FDM), el espectro de frecuencias esta distribuido en canales, para el empleo del medio, tanto aire como cable.

PARÁMETROS DE LAS NORMAS M Y N

Parámetro	M	N
Línea/cuadro	525	625
Cuadro/segundo	60	50
Ancho de banda (MHz)	6	6
Separación portadora de sonido (MHz)	+4.5	+4.5
Distancia de portadora al canal cercano (MHz)	-1.25	-1.25
Ancho de banda lateral principal (MHz)	4.2	4.2
Ancho de banda lateral vestigial (MHz)	0.75	0.75
Modulación de video	A5C negativa	A5C negativa
Modulación de audio	F3	F3

La UIT - R divide al mundo en que vivimos, según zonas. Cada una de ellas dispone un uso distinto del espectro radioeléctrico.

En la zona que comprende al continente americano se reservó 3 bandas de frecuencia, 2 en VHF y una en UHF para la distribución de TV por aire, asignando un ancho de banda por canal de 6 MHz.

Con ello se definen normas N ó M, según la frecuencia de la red eléctrica ya sea de 50 Hz ó 60 Hz, para todos sus países aún que empleen normas de transmisión NTSC o PAL.

A. 11. 4. 1. Espectro de frecuencias en TV por aire

Los mayores inconvenientes se tienen en las bajas frecuencias hasta aproximadamente 40 MHz, donde se presentan ruidos e interferencias de los distintos artefactos domésticos, teléfonos, motores, etc., luego en la práctica se parte desde los 50 MHz. La transmisión por aire de TV hace uso de tres bandas de RF, dos de VHF y una de UHF, para transmitir un máximo de 82 canales.

La primera banda de VHF corresponde a los canales 2 al 6, con frecuencias entre 54 y 88 MHz, salvo la banda entre 72 a 76 MHz que separa al canal 4 del 5, reservada para astronomía y astronavegación. La segunda banda VHF corresponde a los canales 7 al 13, con frecuencias entre 174 y 216 MHz. Mientras que la banda UHF corresponde a los canales 14 al 83, con frecuencias entre 470 y los 890 MHz (Fig. 23).

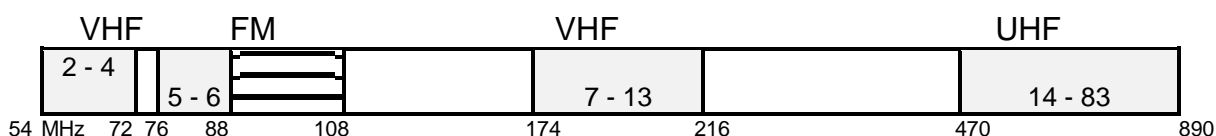


Fig. 23 - Espectro de RF para TV por aire

A. 11. 4. 2. Espectro de frecuencias en TV por cable

La TV por cable (CATV), para una red híbrida de fibra óptica y cable coaxial, por razones de compatibilidad heredó parte de la asignación anterior, aunque se aprovechó en agregar el uso de todas las bandas intermedias (entre el canal 6 y el 7 en VHF y por encima del canal 13 en VHF/UHF). Así se adicionan 11 canales numerados A-2, A-1, y del 14 al 22 en la banda de 108 a 174 MHz, con opción de agregar tres más, A-3, A-4 y A-5, de no usarse la banda de 88 MHz a 108 MHz para la transmisión de FM.

Se añaden también canales numerados a partir del 23 en 216 MHz, espaciados en 6 MHz entre sí. El canal superior no está establecido dependiendo del ancho de banda de la red y de número de canales que el operador quiera proveer. La numeración asignada por la asociación nacional de televisión por cable (NCTA), de USA, como así, la asignación estándar y el detalle de los servicios posibles de brindar, de acuerdo al espectro de RF se muestra en la Fig. 24 y la tabla adjunta.

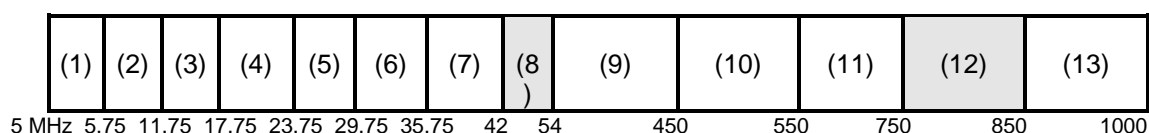


Fig. 24 - Espectro de RF para CATV (Red FO / Cx)

Referencias:

- (1) Retorno para el monitoreo de la red (vía ascendente)
- (2) Retorno del servicio de vídeo interactivo (vía ascendente)
- (3) Retorno del servicio de conmutación de paquetes (vía ascendente)
- (4) Retorno del servicio PCS (vía ascendente)
- (5) Retorno del servicio de telefonía (vía ascendente)
- (6) Retorno del servicio de telefonía y datos (vía ascendente)
- (7) Retorno del servicio de datos (vía ascendente)
- (8) Cruce filtro duplexor
- (9) Servicio de canales analógicos - 2 a 61 (vía descendente)
- (10) Servicio de canales analógicos - 62 a 78 (vía descendente)
- (11) Servicios digitales al cliente (vía descendente)
- (12) Cruce filtro duplexor
- (13) Retorno futuro (vía ascendente)

DETALLE DEL ESPECTRO DE RF PARA TV POR AIRE

Canal	Banda (MHz)	Portadora	Canal	Banda (MHz)	Portadora
-------	-------------	-----------	-------	-------------	-----------

		(MHz)
Banda baja (VHF)		
2	54-60	55.25
3	60-66	61.25
4	66-72	67.25
5	76-82	77.25
6	82-88	83.25
Banda alta (VHF)		
7	174-180	175.25
8	180-186	181.25
9	186-192	187.25
10	192-198	193.25
11	198-204	199.25
12	204-210	205.25
13	210-216	211.25
Banda muy alta (UHF)		
14	174-180	175.25
15	180-186	181.25
16	186-192	187.25
17	192-198	193.25
18	494-500	495.25
19	500-506	501.25
20	506-512	507.25
21	512-518	513.25
22	518-524	519.25
23	524-530	525.25
24	530-536	531.25
25	536-542	537.25
26	542-548	543.25
27	548-554	549.25
28	554-560	555.25
29	560-566	561.25
30	566-572	567.25
31	572-578	573.25
32	578-584	579.25
33	584-590	585.25
34	590-596	591.25
35	596-602	597.25
36	602-608	603.25
37	608-614	609.25
38	614-620	615.25
39	620-626	621.25

		(MHz)
40	626-632	627.25
41	632-638	633.25
42	638-644	639.25
43	644-650	645.25
44	650-656	651.25
45	656-662	657.25
46	662-668	663.25
47	668-674	669.25
48	674-680	675.25
49	680-686	681.25
50	686-692	687.25
51	692-698	693.25
52	698-704	699.25
53	626-632	627.25
54	632-638	633.25
55	638-644	639.25
56	644-650	645.25
57	650-656	651.25
58	656-662	657.25
59	662-668	663.25
60	668-674	669.25
61	674-680	675.25
62	680-686	681.25
63	686-692	687.25
64	692-698	693.25
65	698-704	699.25
66	782-788	783.25
67	788-794	789.25
68	794-800	795.25
69	800-806	801.25
70	806-812	807.25
71	812-818	813.25
72	818-824	819.25
73	824-830	825.25
74	830-836	831.25
75	836-842	837.25
76	842-848	843.25
77	848-854	849.25
78	854-860	855.25
79	860-866	861.25
80	866-872	867.25
81	872-878	873.25
82	878-884	879.25
83	884-890	8.25

A. 11. 4. 3. Parámetros en canales descendentes

De los parámetros que caracterizan a una red de CATV el más importante es el ancho de banda. Las redes en uso actualmente disponen de 450 MHz con un máximo de 65 canales de CATV, de 550 MHz con un máximo de 79 canales de CATV o de 750 MHz.

En esta última categoría se divide el ancho de banda disponible en dos partes, hasta 550 MHz para difusión de TV, correspondiente a los 79 canales de CATV y la banda desde 550 MHz hasta 750 MHz para servicios digitales.

A. 11. 4. 4. Espectro de frecuencia en una red fibra/coaxial

Resulta entonces el espectro de frecuencia para una red fibra / coaxial:

- Banda de 5 a 42 MHz, para canales de retorno (ascendente).
- Banda de 54 a 450 MHz, para 60 canales TV analógica y 5 de FM (descendente).
- Banda de 552 a 750 MHz, servicios digitales al cliente (descendente).
- Banda de 850 a 1 GHz, canales de retorno futuros (ascendente).
- Ancho de banda total, de 750 KHz, que podrá llegar a 1GHz.

Dado que cada canal analógico que se agrega contribuye a empeorar la relación portadora / distorsión en los restantes canales, el limitar la cantidad de canales analógicos evita incrementar esta distorsión. Por ello se prescinde de utilizar la banda comprendida desde 452 a 552 MHz.

Codificando los canales en forma digital, en la banda de 200 MHz disponible (550 a 750 MHz), se posibilitará transmitir hasta 500 canales de TV, accediendo mediante el aparato conversor de TV, el STB (Fig. 25).

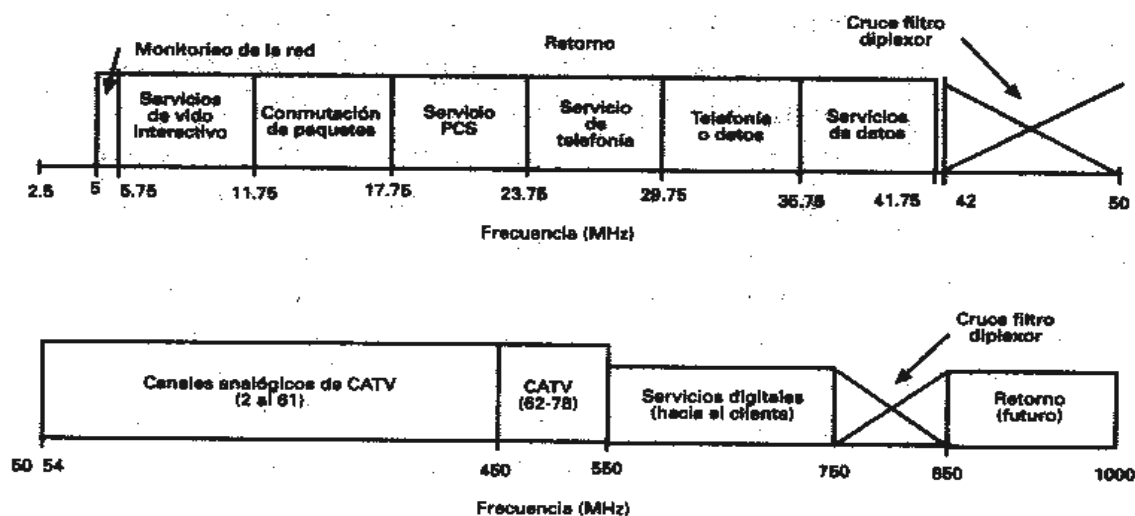


Fig. 25 - Espectro de frecuencia para una red fibra / coaxial

A. 11. 4. 5. Parámetros de la red en canales de retorno

Un segundo parámetro de importancia en las redes de CATV, es la presencia de un canal ascendente, es decir de retorno y de la banda de frecuencia que se le asigna. Para brindar servicios interactivos es preciso que exista un camino de comunicación desde el domicilio del cliente hasta la cabecera. Las redes de CATV reservan típicamente la banda de bajas frecuencias, desde 5 MHz hasta 42 MHz para implementar el canal de retorno. También se considera para el canal de retorno, el uso de la banda de UHF, de 750 MHz hasta 1 GHz.

Las principales funciones de este canal de retorno son, monitoreo de los equipos, transmisión desde el STB hacia la cabecera para servicios de PPV, mediciones de audiencia (rating), control de calidad de la señal, etc.

A. 11. 5. Conceptos técnicos

Hemos estudiado los componentes de red en forma genérica por lo que nos cabe detallar algunas consideraciones técnicas en particular. Trataremos los siguientes tópicos:

- Capacidad portable de canal.
- Sistemas de transporte de la señal.
- Regulación FCC del espectro.
- Medios de incrementar la capacidad de canales.
- Mantenimiento de la planta CATV y minimizar deterioros.
- Método de codificación.
- Interfaz cable equipos del abonado.
- Práctica de cable de fibra.

A. 11. 5. 1. Capacidad portable de canal

La capacidad portable de canales esta basada en el ancho de banda de radiofrecuencia (RF). El rango de frecuencias de operación, en sentido de la señal hacia el abonado, es caracterizada según tres tipos de sistemas, pequeño, mediano y grande.

En USA, los sistemas mas pequeños que trabajan desde 50 á 220 MHz, han sido construidos desde mediados de los años 50 hasta los últimos de los 70. Cerca de los 220 MHz se utilizó para las áreas rurales o racimos de pequeños establecimientos comunitarios.

Son áreas servidas a mas de 30 Km, con 50 o mas amplificadores en cascada, extendiéndose desde 80 á 800 m con un promedio de 10 000 usuarios. Estos sistemas intervienen en menos del 10 % de sus redes.

RANGO DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN - SEÑAL AL ABONADO

Sistema	Ancho de banda (MHz)	Rango de RF (MHz)	Cantidad de canales
Pequeño	170 MHz	50 MHz-220MHz	12 á 22 (1 coaxial)
	220 MHz	50 MHz-270MHz	30 (1 coaxial)
Mediano	280 MHz	50 MHz-330MHz	40 (1 coaxial)
	350 MHz	50 MHz-400MHz	52 (1 cx.) -104 (2 cx)
Grande	400 MHz	50 MHz-450MHz	60 (1 cx.) -120 (2 cx)
	500 MHz	50 MHz-550MHz	80 (1 coaxial)
	700 MHz	50 MHz-750MHz	110 (1 coaxial)
	950 MHz	50 MHz-1GHz	150 (1 coaxial)

Los sistemas de capacidad media operan en 330 y 400 MHz, con ancho de banda de 280 MHz y 350 MHz respectivamente. Los sistemas con 330 MHz permiten 40 canales mientras que 400 MHz libra 52 canales. Estos sistemas intervienen en cerca del 75 % de las redes de USA.

Sirven un ancho rango de comunidades, desde las áreas rurales con población de 5000 habitantes, hasta algunos de los mas grandes sistemas construidos a los fines de los años 70, con 50 000 habitantes. Los sistemas mas amplios cuentan en los ramales troncales con hasta 37 amplificadores en cascada.

Los sistemas de gran capacidad operan con alto número de canales. Redes coaxiales de 400 MHz disponen hasta 52 canales o en 550 MHz con 80 canales. Se incluyen edificios con sistemas de 750

MHz con 110 canales. Con cables duales se encuentran hasta 120 canales El sistema Time Warner en Queen, New York, tiene una capacidad de 150 canales con 1 GHz.

Los sistemas de gran capacidad operan el 15 % de sus redes. Con sistemas de cables duales, de 450 MHz, sirven desde 50 000 a 150 000 clientes, con redes que se extienden desde 640 á 3200 Km. Se han realizado actualizaciones de sistemas de 550 ó 750 MHz, con 20 000 clientes, debido a la política competitiva.

Se espera el desarrollo de la televisión avanzada ATV (Advance Television) y de alta definición (HDTV), aunque la TV digital tomará un incalculable auge en el año 2010, fecha desde la cual será obligatoria la emisión digital en USA y Japón. Se piensa que similar actitud se tomará en el año 2006, por Europa.

Los sistemas troncales con gran número de amplificadores en cascada, obsoletos al momento son reemplazados por troncales de fibra óptica, que laboran a 1 GHz. Un ancho de banda de 1 GHz contiene 160 slots de 6 MHz. Cada uno que pueden ser utilizados para HDTV y nuevos servicios, como ser NVoD (con la repetición cada 15 minutos de una película de estreno).

A. 11. 5. 2. Normalización de las frecuencias de canales

Existen tres planes de normalización de frecuencias por canales:

- El primer plan implica la emisión de televisión VHF.
- El segundo plan, llamado Incrementally Related Carrier (IRC) fue desarrollado para eliminar los efectos de distorsión de tercer orden generados por los amplificadores repetidores de la señal de televisión al pasar a la planta de cable.
- El tercero plan es el llamado Harmonical Related Carrier (HRC), creado para reducir fuertemente la distorsión dada por los amplificadores.

En general estos planes reducen las distorsiones producto de las interferencias de las frecuencias de sincronismo a la señal de portadora.

Varios son los métodos para transportar las señales desde las estaciones cabeceras a estaciones remotas o concentraciones:

- Enlace por microondas modulado en amplitud (AML).
- Enlace por microondas modulado en frecuencia (FML).
- Enlace por coaxial modulado en frecuencia (FMCL).
- Enlace por coaxial modulado en amplitud (AMCS).
- Enlace por cable de fibra óptica.

El sistema de enlace de microondas modulado en amplitud AML (Amplitude Modulated Microwave Link) logra cubrir la recepción descendente en microondas, hasta 16 Km. Se requiere una antena receptora de microondas montada en una pequeña torre o poste telefónico suficiente. El receptor de microondas AML, convierte cada canal de televisión a su correspondiente frecuencia.

El sistema de enlace por microondas modulado en frecuencia FML (Frequency Modulated Microwave Lik) se emplea para cubrir distancias mayores que el sistema AML y donde se requiere que la relación señal ruido SNR (Signal to Noise Radio) exceda de 56 dB. La modulación por VSB-AM (Vestigial Sideband Amplitude) debe realizarse antes que la señal ingrese al cable de planta. Este sistema se utiliza cuando se desea transmitir programas locales a estaciones remotas.

El sistema de enlace por coaxial modulado en frecuencia de FMCL (Frequency Modulated Coaxial Link) es una adaptación del enlace por microondas modulado en frecuencia FML adecuado a la transmisión por cable coaxial. Aquí también la modulación VSB-AM debe realizarse antes que la

señal ingrese al cable de la red de distribución. Su uso se refiere al transporte de programación desde su origen a las estaciones cabeceras, con señales de "calidad estudio" (broadcast).

El sistema por coaxial modulado en amplitud AMCS (Amplitude Modulated Coaxial Supertunks) se emplea para los enlaces con señales comprimidas por modulación lateral vestigial VSB-AM. Se usa entre estaciones cabeceras o cables troncales principales.

La aplicación inicial de un enlace por cables de fibras ópticas se realizó en 1988, en Orlando, Florida, USA, como alternativa de un enlace de microondas ya que las intensas lluvias perjudicaban la transmisión. Se utilizó la modulación FM. Una red de fibra análoga transporta de 6 a 12 canales por fibra. La meta es portar 60 canales en amplitud modulada superando los 20 Km. Las transmisiones digitales se utilizan cuando la señal de video es digital.

Las frecuencias utilizadas en USA, reguladas por la FCC a fin de cuidar que no se solapen con las utilizadas por la Federal Aviation Administration (FAA) de USA.

Estas van desde 108 a 137 MHz y desde 225 a 400 MHz. Puesto que la planta de CATV no es un sistema completamente sellado la FCC y la FAA desean mantener una separación de frecuencias entre señales portadas entre ambos sistemas. Los sistemas de 400 MHz afectados a operaciones sobre 30 canales condicionados por el FCC.

A. 11. 5. 3. Incrementar la capacidad de canales

Veremos varios medios para incrementar la capacidad de los canales y sus posibles servicios a brindar, pero ante todo la red deberá presentar características permisibles para ello.

Antes que nada se deberá efectuar el estudio de la red existente, diagnosticando sus carencias y programando sus nuevos desarrollos.

Actualización y reconstrucción de planta

Si el cable en uso está en óptimas condiciones, modificar o reemplazar los amplificadores troncales o de distribución ampliará la capacidad. Si el cable sufre grandes deterioros la planta deberá ser relevada completamente.

La actualización será definida como proceso de rehabilitación de la planta existente. Es el resultado de cambiar o modificar amplificadores y elementos pasivos tal como los splitters, los acopladores direccionales y cajas de derivación con tomas múltiples (multi-taps).

Podrá incluir, agregar fibra óptica desde la cabecera hasta algún barrio, conectar transformadores híbridos o renovar todos los elementos en el sistema conservando los cables alimentadores a los barrios. El objetivo será expandir el sistema incrementando la capacidad de canales en zonas alejadas, al menor costo.

La reconstrucción involucra el reemplazo de toda la planta externa. Es la solución más costosa, sin embargo al estar la vieja red activa permite disminuir los trastornos a los clientes, conmutando en una sola operación directamente de la vieja a la nueva red. Una vez que la red ha sido actualizada o reconstruida, el cliente podrá agregar nuevos aparatos adicionando nuevas capacidades y servicios.

Factor de ruido y de distorsión

El diseño de la red debe tener en cuenta que cada elemento activo adicionado agrega un cierto grado de distorsión y ruido a la señal. Cualquier elemento no lineal, como ser un conector bimetálico produce distorsión. La principal contribución de distorsión es producida por los amplificadores puesto que estos al estar conectados en cascada acumulan sus perniciosos efectos sobre la señal.

El ruido podrá provenir de variadas fuentes. La mayor fuente de ruido está constituida por el movimiento térmico aleatorio en componentes electrónicos (ruido Random). Para un cable a 20°C de

temperatura ambiente, el ruido térmico en un canal será de 1.1 mV ó -59.1 dBmV. Éste es considerado el mínimo valor de ruido o nivel de piso.

La relación en Watt permite la comparación de sistemas en señal ruido (S/R). Es mas frecuente el uso de la relación de la señal de portadora del canal al ruido (C/R), pues indica la incidencia del de ruido como efecto de interferencia sobre la porción de señal de video, del canal. En las siglas inglesas la relación de señal a ruido se expresa como SNR (Signal to Noise Ratio) y la relación de portadora a ruido como CNR (Carrier to Noise Ratio). Cuando el valor de C/R decrece la señal sobre pantalla se presenta como una lluvia. Un buen diseño mantendrá un valor a 46 dB, preferentemente entre 48 y 50 dB, cuando la relación es de 40 dB la señal es cuestionable. El incremento de la señal aumenta esta relación pero desafortunadamente también incrementa el nivel de distorsión.

La distorsión, causada en los amplificadores con electrónica sólida, afecta la señal de salida en su ancho de banda. Los modernos amplificadores cancelan las distorsiones por batidos de segundo orden compuesto CSO (Composite Second Order Beats), siendo entonces preponderante la distorsión llamada de batido triple compuesto CTB (Composite Triple Beats).

Sus parámetros determinan la cantidad de amplificadores a colocar en cascada y la distancia a cubrir. Luego el sistema de cable estará limitado por un piso dado por el factor de ruido, definido como portadora / ruido (CNR) y un techo dado por un factor de distorsión, definido como batido triple compuesto (CTB). Ello acota principalmente, la cantidad de amplificadores a colocar en cascada (Fig. 26).

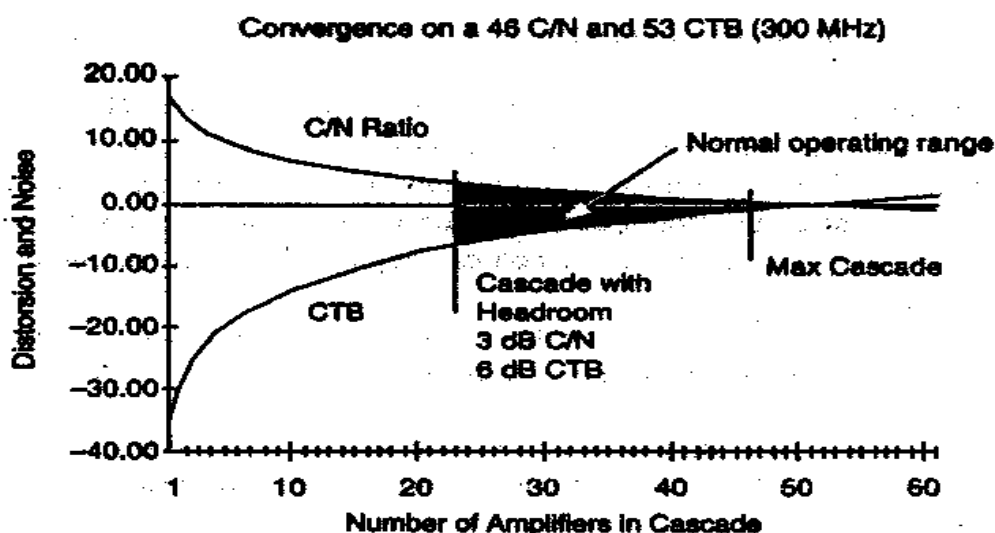


Fig. 26 - Convergencia de los factores de distorsión y ruido

Para un sistema a 300 MHz con 46 dB de CNR y 53 dB de CTB permite colocar 46 amplificadores troncales. La relación señal a distorsión SDR (Signal to Distortion Ratio) determina las condiciones de los ramales de distribución, mientras que la relación señal ruido afecta al diseño de los cables troncales, aun cuando estos son actualmente suplantados por diseños con fibras ópticas.

Otros factores limitan el diseño del cable, como ser la distorsión en función de la carga de canales y el incremento de la atenuación en función de la frecuencia.

Retardo de grupo

Los amplificadores bidireccionales muestran un retardo de grupo como resultado del filtrado de banda. Tal filtrado ocurre en las estaciones cabeceras y concentraciones en los procesos de modulación de los canales. El efecto visible es la pérdida de resolución en pantalla. Los canales 2, 3 y 4 son especialmente afectados.

Reflexiones de las señales

Las reflexiones de la señal ocurren en la planta y en las llamadas microreflexiones. Están causadas por desadaptaciones de impedancias y se miden hallando los valores de pérdidas de retorno. Sus efectos son visibles en pantalla como una segunda imagen, llamadas imágenes fantasmas.

Ruido de fase

El ruido de fase es adicionado a la señal original a través de la modulación y conversión de frecuencias. Este ruido de fase, medido a 20 KHz desde la portadora de video en el canal de TV, produce variación en el nivel de iluminación y cromatismo, apareciendo en pantalla un rayado de líneas.

A. 11. 6. Alta capacidad en cable

La principal contribución al progreso en cable ha sido dada por la arquitectura híbrida fibra coaxial, el video digital y la compresión de video digital, que ha permitido el gran incremento de la cantidad de canales en cable dentro de un mercado de alta competición.

A. 11. 6. 1. Arquitectura híbrida fibra - coaxial

El estudio de la red de acceso para servicios de CATV se podrá efectuar dividiendo la misma en tres sectores, el troncal, las ramas distribuidoras también llamadas de alimentación y el de bajada o acometida a la casa del abonado. El sector troncal está diseñado para cubrir extensas distancias, alrededor de los 15 Km. Cuando esta proyectado bajo cables coaxiales, se requiere instalar amplificadores cada 600 m, y corresponde un metraje del 12% de la red.

El sector de distribución soporta las cajas de conexionado a los abonados. Tiene una longitud máxima de 2.4 Km. Debido a la energía perdida en la distribución, el nivel de potencia de alimentación deberá ser aquí relativamente bajo. Esta potencia afecta a la región no lineal de los amplificadores, como resultado pocos amplificadores podrán ser utilizados en estos ramales antes que la distorsión produzca la degradación de la señal en la pantalla de los televisores. Estos ramales insumen cerca del 38% de cables de esta red.

Los cables de bajada están constituidos por delgados y flexibles cables coaxiales. Se instalan con una longitud máxima de 120 m, aunque típicamente tienen de 45 á 60 m. Corresponde en metraje a cerca del 50 % de la red. El sector de acometidas es la zona de mayor actividad pues es donde los abonados producen los constantes cambios de altas y bajas de servicio. Aproximadamente el 20% de los norteamericanos se mudan a una nueva residencia, todos los años.

Se calcula como promedio 53 % de penetración, con 75 hogares por cada 1609 m (una milla), con acometidas promedio de 48 m de longitud. Cerca del 45 % de los reclamos por mal servicio esta dado en las acometidas y sus conexiones. El 10 % de las acometidas son reemplazadas anualmente en USA.

Además las cajas distribuidoras no tienen perfectas impedancias de adaptación al cable, por lo tanto la señal es reflejada produciendo sombras en las pantallas. Este efecto se reduce diseñando los ramales de forma tal que aparezcan pocos amplificadores en serie (Fig. 27).

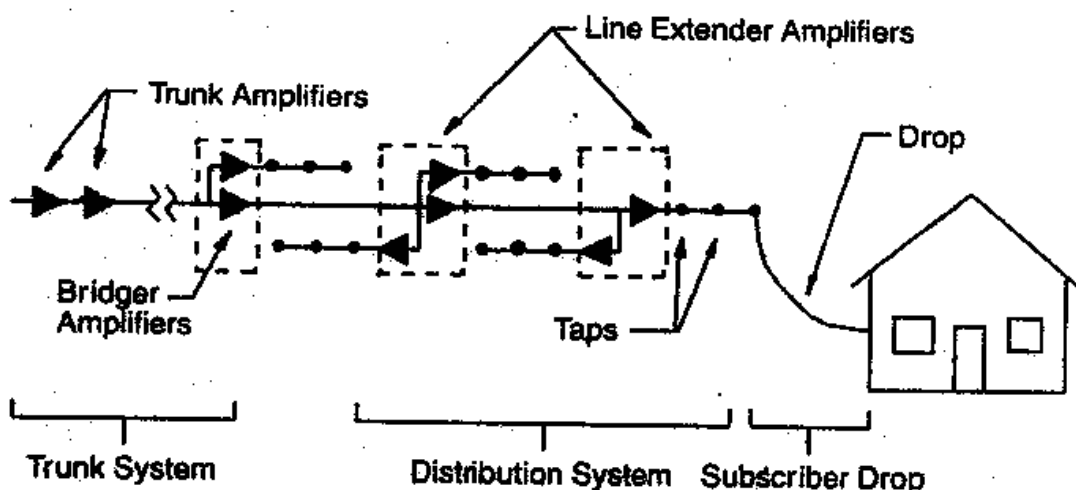


Fig. 27 - Planta con superdistribución

Por otra parte, las redes troncales de fibra óptica alimentan sistemas coaxiales que podrán disponer desde algunos cientos hasta un par de miles de abonados. Estas redes híbridas permiten disponer mayor cantidad de abonados y servicios a un costo de instalación y mantenimiento reducido. No se limita el ancho de banda por los amplificadores en cascada de los troncales coaxiales y permite llegar con un alto nivel de la señal a los ramales alimentadores, evitando así que estos entren en la zona de distorsión de la señal.

Otra razón de conveniencia de las redes híbridas se aprecia con la disposición de fibra en longitudes extensas del troncal (backbone).

Ello evita el ingreso de interferencias en un sector amplio de la red. Por otra parte la fibra permite aislar las interferencias producidas en cualquier ramal, entre ellos y hacia la estación cabecera (Fig. 28).

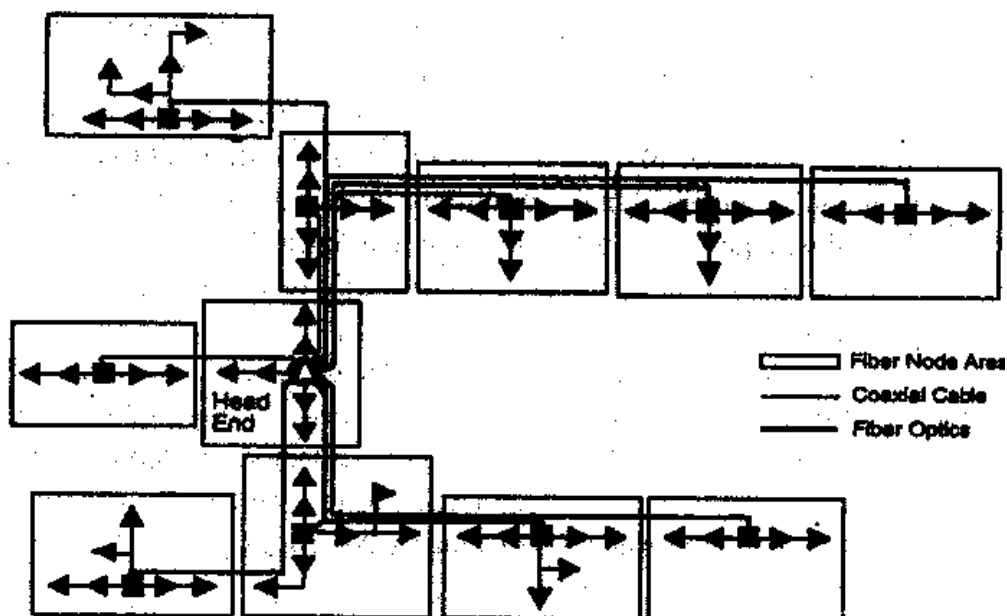


Fig. 28 - Sistema de CATV con troncal óptico

El sistema de cable Time Warner Quantum ha explotado una red de este tipo por varios años, con 1.047 GHz y 150 canales análogos. Por su costo muchas empresas mantienen aún sistemas de 750 MHz.

A. 11. 6. 2. Compresión digital

La compresión digital de video DVC (Digital Video Compresión) junto con la modulación digital ha dado máxima capacidad al cable. Su desarrollo se produjo al introducirse la TV de alta definición HDTV o la ATV.

La HDTV consume 30 MHz por cada color, rojo, azul y verde, es decir cerca de 100 MHz señales analógicas, lo que en transmisión de TV digital consume mas de un Gb/s. Como el FCC permite solo el uso de 6 MHz por canal, del espectro, luego ha sido necesario remover todas las señales redundantes para la formación de una imagen en movimiento. El resultado fue la creación del estándar de compresión denominado SDTV (Standard Definition Television).

Esta técnica es utilizada actualmente en transmisiones satelitales, con el estándar de compresión versión MPEG (Moving Pictures Expert Group). Este estándar parte de la premisa que el ojo humano es mas sensible al desplazamiento horizontal que al desplazamiento vertical. Parece ser que la actividad ancestral de la caza, sensibilizo esta aptitud. El que no disponía de esta cualidad no comía, llegando así estos genes a nuestros días.

La compresión de vídeo, se basa en las imperfecciones de la visión humana, para reducir la información cambiante por cuadro a enviar.

Los organismos reguladores ISO y UIT han normalizado tres métodos de compresión de imágenes: JPEG, MJPEG 1 y MPEG 2. Esta última norma se adopta para implementar la televisión digital. Los últimos niveles de calidad, alcanzan compresión de 1.5 Mb/s, equivalente a la televisión analógica. Comprende la compresión en vídeo, audio y multiplexación de distintos flujos de datos en un único almacenamiento y transmisión.

Otro factor que permitió el apretujar la densidad de la señal de un canal de TV en 6 MHz fue el método de modulación. La modulación de amplitud en cuadratura QAM (Quadrature Amplitude Modulation) y la modulación con supresión de portadora denominada como lateral vestigial VSB, son los principales métodos utilizados. Estos métodos se conforman en distintas velocidades. Las dos mas utilizadas en CATV son la 254 QAM ó la 16 VSB.

Las frecuencias inferiores a 50 MHz se utilizan par las señales de retorno o canales ascendentes, hacia la central, en sistemas interactivos. Los canales analógicos cubren el espectro bajo de 50 á 450 MHz (ó 550 MHz), permitiendo disponer de 400 MHz que aloje a 66 canales, de 6 MHz cada uno. Los canales digitales cubren desde 450 MHz (ó 550 MHz) hasta 750 MHz (ó 1 GHz), permitiendo disponer de 200 MHz, que aloje a 33 canales, o de 300 MHz con 50 canales, o 550 MHz con 91 canales, de 6 MHz cada uno.

A. 11. 6. 3. Mercado competitivo

Tanto las redes HFC como los métodos de compresión DVC están disponibles a todos los operadores tanto de CATV como de telefonía que podrán entrar en competencia con las redes de CATV. La liberación de los servicios permite luego establecer varias fuentes de competición:

- Emisión directa satelital.
- Liberalizar cualquier servicio de video a los operadores telefónicos.
- Construcciones de plantas alternativas.
- Televisión celular.
- Microwave Multipoint Delivery System (MMDS).
- Emisiones.
- Distribución física.

En los finales de los años de 1990 el panorama que presentaran los servicios de CATV fue de incrementar la importancia que juega la regulación gubernamental. Este rol limitó lo que podría ser el hecho. También las posibilidades y comportamiento de sus competidores.

Respecto a la TV directa al hogar recién en 1992 logro compartir la programación con CATV. Su política es brindar inicialmente la misma programación, con mayor calidad de señal y casi al mismo precio, adicionando nuevas ideas y alternativas.

A. 11. 7. Servicios adicionales a la CATV

Aprovechando el ancho de banda de la red cableada híbrida coaxial - fibra óptica, infinidad de servicios se podrán ofrecer a los clientes de TV por cable. Sobre esta red se podrán proporcionar varios servicios adicionales al inicial de distribución de TV, VoD ó el PPV.

Un servicio de juegos interactivos y el servicio de Internet son los inmediatos a ofrecer, presente en el mercado. Una vez conectada la computadora a la red CATV, le sigue el formidable servicio de telecomunicaciones, competición directa a los operadores de telefonía básica. Luego, le siguen los servicios de datos de alta velocidad, de video interactivo, la telemedición, televigilancia, teleacción, telecompras y telebancos (homebanking).

Completado el panorama divisado al momento, seguramente surgirán muchos mas servicios en un futuro cercano.

A. 11. 7. 1. Servicio de telefonía

El servicio de telefonía es brindada por medio de la red de CATV, para lo cual se requiere instalar equipos en la cabecera y en la casa del cliente. En la cabecera se deberá vincular sus equipos a los equipos de la red pública de telefonía conmutada PSTN (Public Switching Telephone Network) ubicados en la central mas próxima. Este vínculo se constituirá de acuerdo al tráfico a transmitir, por cable coaxial o de fibra óptica.

En la casa del cliente se deberá instalar un aparato telefónico y un módem telefónico. El cliente recibe la señal de CATV y de telefonía a través del mismo cable. El problema reside en la alimentación de energía eléctrica al aparato telefónico para la señal de llamada, etc. Para ello el tramo de fibra óptica deberá ser cubierto por un cable de energía paralelo al mismo, mientras que en el tramo distribuidor de coaxial, que ya requiere de telealimentación para sus amplificadores y de bajada coaxial al domicilio será solventado sobre la misma red, tal como es habitual en estas redes.

Otra posibilidad es la de tomar esta alimentación de la red de distribución de energía o de la misma casa del cliente. Ello tiene distintas desventajas, la legal del pago adicional de este gasto y la de baja confiabilidad, por no continuidad del mismo. Debido a tales razones no se usa esta posibilidad. En los casos de toma de energía centralizada se aumenta la eficiencia económica y asegura la continuidad de la conexión por medio de un tren de baterías eléctricas.

La señal de telefonía deberá ser compatible con las señales del servicio de CATV, para evitar producir interferencias entre ellas. Para ello, se emplean esquemas de modulación que hacen aparecer esta señal como ruido blanco, el que será fácilmente suprimido o atenuado.

Se emplean modulaciones tal como la QAM, modulación por amplitud en cuadratura y QPSK modulación por desplazamiento de fase en cuadratura, en ambos casos con supresión de portadora (modulación vestigial).

Otro problema reside en la asignación del ancho de banda. La ocupación promedio de un servicio telefónico es muy baja, menos de 20 minutos por día, ello nos indica que los canales asignados en forma estática estarán casi todo el tiempo sin utilizar.

Para evitar esto se requiere implementar la asignación dinámica de los canales telefónicos disponibles. Se podrá brindar así adicionalmente a la telefonía básica, el acceso básico de RDSI y la transmisión de datos a distintas velocidades.

El ancho de banda empleado es de 6 MHz en el canal descendente y de 6 MHz en el de retorno. Se emplean moduladores dinámicos, de manera de ubicar estas bandas en cualquier canal de TV o para aplicaciones digitales no ocupado.

A. 11. 7. 2. Servicio de datos de alta velocidad

La transmisión de datos a alta velocidad, del orden de 10 Mb/s, por una CATV, brinda la posibilidad de poder vincular eficazmente computadoras e incluso redes de área local LAN creándose redes locales virtuales VLAN, extendidas a una ciudad (Cap.22).

Estructuralmente la red de CATV tomaría la forma y uso del tipo Ethernet, punto a punto o conmutada. En ella se utilizan bridges, routers, y gateway, como una red LAN. El control de acceso se realiza mediante protocolos específico, 802.14 de la IEEE.

El acceso a servicios como el Internet, en alta velocidad, permite mejorar su utilización respecto al acceso telefónico de banda ancha. Al igual que el servicio de telefonía en redes CATV, para evitar producir interferencias se deberá adoptar modulación QAM. También como en ese caso, el ancho de banda empleado es de 6 MHz en el canal descendente y de 6 MHz en el de retorno, empleándose moduladores dinámicos.

A. 11. 7. 3. Servicio de vídeo interactivo

La televisión interactiva (TVI), también llamada Vídeo Dial Tone (VDT), es un contenedor de servicios, siendo su función en esencia la de permitir a todos ellos, convivir en un solo sistema. Además la TVI permite al cliente el control del contenido y el telemanejo con su proveedor. En realidad es una familia de servicios: vídeo bajo demanda (VoD), o de cuasi video sobre demanda NVoD, telebancos, juegos interactivos, telecompras, teleaprendizaje, periódico interactivo, noticias bajo demanda, etc. Se trata de la evolución de la computación interactiva y de la CATV.

El servicio de VoD permite la recepción de una película del tipo premier (premium) o cualquier programa codificado, en cualquier tiempo, con completa función virtual. Esto es poder adelantar, atrasar, poner en estado de pausa, etc. un programa solicitado, tal como si se dispusiese de una videocasetera en el hogar del abonado.

El servicio de NVoD se acerca a las funciones de VoD. El NVoD se basa en la selección de los 5 títulos mas solicitados, generalmente de estreno. La transmisión de estos programas comenzará cada media hora, por distintos canales. Con una duración de 2 horas se requerirán solo 4 canales. El abonado tendrá que esperar un promedio de 15 minutos, menor tiempo al requerido para alquilar y devolver una película.

Tomando la posibilidad de utilizar un ancho de banda desde 450 á 750 MHz, es decir de 300 MHz, se dispone de 50 canales de 6 MHz. Si comprimiésemos las películas con un esquema de modulación tal como el VSB, 256 QAM ó el 64 QAM nos permitirá obtener respectivamente 38.5, 38.5 ó 27 Mb/s y con tramas de datos a 3 Mb/s será posible portar respectivamente 12, 12 ó 9 películas en cada ranura de frecuencia (slot). Puesto que disponemos de 50 canales, es decir 50 slot, habrá un total respectivamente de 600, 600 ó 450 películas ó canales virtuales.

Todos estos servicios son bidireccionales los que en muchos casos son asimétricos.

En dirección descendente la modulación típica es de amplitud en cuadratura, con una constelación de 64 puntos (64 QAM), también el 256 QAM o el banda lateral vestigial 8 VSB. Se obtiene velocidades de comunicación de mas de 20 Mb/s en un canal de 6 MHz de ancho de banda.

En la dirección de retorno no se permite moduladores de alta eficiencia espectral por ser este canal altamente ruidoso. Típicamente se utiliza la modulación QPSK, por desplazamiento de fase en cua-

dratura, con pequeña eficiencia espectral de 2 bit / Hz. Ello no representa problema debido al flujo de información relativamente bajo.

La técnica que solventa la interconexión de equipos servidores de distintas jerarquías y entre distintos proveedores de servicios será el modo de transferencia asincrónico ATM. Esta es una técnica de conmutación de información, organizada en forma de celdas de tamaño reducido que alcanza grandes velocidades. Sin embargo, el auge de Ethernet y del IP, están reemplazando el empleo de la tecnología ATM, mucho más onerosa.

La telefonía interactiva hace uso de aparatos con alta capacidad de almacenamiento, como servidores de vídeo. Estos equipos son los Set Top Box, STB, como símil computadoras que reemplazan el teclado por el control remoto y el monitor por el televisor. Estos equipos están optimizados para el manejo de interfaces gráficas y descompresión de vídeo digital en tiempo real.

Cabe la discusión si este camino a seguir por la TVI es la correcta, es decir llevar la computación al aparato de TV o si por el contrario será llevar la TV, dentro de las PCs (Personal Computers). Por una parte la TV ha sido creada como entretenimiento y disipación tanto individual como familiar, mientras que la TVI es al igual que la PC un servicio enteramente individual, corresponderá la segunda opción. También el manejo, formación y conformación de los datos de computación difíciles de llevar al televisor, nos indica tal conveniencia. Ciertamente ambas opciones prevalecerán, la TV con su STB, cada vez más complejo y los multimedia en la PC.

A. 11. 7. 4. Servicio de Internet

El servicio de Internet por cable tiene uno de los más ambiciosos desarrollos. Permite simétrica capacidad en ambas direcciones. El abonado podrá operar obteniendo todos los servicios de video, voz y datos que desee y además enviarlos a quien él desee.

Para proveer comunicaciones de datos sobre redes de CATV, se utiliza un canal de 6 MHz sobre cable coaxial, equivalente a un canal de TV. El servicio Internet, al igual que la TV, estará disponible en cuanto se encienda la computadora, sin necesidad de marcar número alguno. Cada módem para cable de fibra óptica o coaxial tiene una salida a esa red y un conector (port) tipo Ethernet, para su acoplamiento a una red LAN o una computadora con software para red Ethernet. Para su conexión a Internet además deberá disponer de software TCP/IP.

Los módem diseñados para redes de TV, toman la señal de salida de una computadora u otro dispositivo de datos y la transmite por la red en alta velocidad, mucho mayor que por la red telefónica. Se podrá implementar el servicio interactivo Internet por cable coaxial y / o fibra óptica, con altas velocidades simétricas en ambas direcciones. No obstante podrá optarse por velocidades descendentes (hacia el abonado), que varíen entre 64 Kb/s a 30 Mb/s, mientras que las ascendentes (hacia el operador del servicio) varíen desde 64 Kb/s a 10 Mb/s. Estas señales son compartidas por los usuarios de la red según multiplexación estadística.

Por poseer tanto el sentido descendente como ascendente, el carácter de acceso múltiple, las redes HFC detentan la necesidad de disponer convenientes medidas de seguridad.

El servicio de correo electrónico, e-mail, por Internet tiene un uso importante en oficinas y el hogar. Así como el facsímil digital, que podrán estar siempre activo sin requerir el uso de escáner para el ingreso de gráficos o textos impresos, a transmitir por la red de CATV.

A. 11. 7. 5. Otros servicios

Algunos servicios, por ejemplo telemedición, televigilancia o teleacción requieren de un ancho de banda mínimo, en cada sentido.

El servicio de telemedición consiste en tomar a distancia la medición de consumo de energía eléctrica, de gas o agua, mediante un equipo ubicado en la central cabecera que interroga a cada medidor domiciliario. La información digital es modulada en QPSF.

El servicio de televigilancia consiste en controlar equipos en forma remota. También los sistemas de alarmas podrán disponer de estos servicios. Los mismos se podrán complementar con cámaras de vídeo de baja resolución colocados en bancos y monitores en oficinas de control o comisaría.

El servicio de teleacción agrega la posibilidad de accionar a distancia válvulas de control de flujo de gas, desconectar aparatos de aire acondicionado o la operación de cualquier otro equipo o dispositivo en forma remota. El porcentaje satisfecho para este servicio es realmente alto, respecto a los hogares por los que pasa la ruta del cable es decir que cuenta con posibilidad cierta de servicio, hogares pasados.

A. 11. 8. Diseño de CATV en redes ópticas

Bajo el concepto de integración de las redes y el pasaje de red de CATV analógica a digital, efectuaremos el análisis de una red con el estudio como red de enlace digital.

Sus conceptos y método de cálculo son similares al tratamiento analógico, aunque incluiremos las diferenciaciones de características para los cálculos como ser, las pérdidas por inserción introducidas en divisores y derivadores ópticos, para constituir las ramas de derivación de estas redes.

A. 11. 8. 1. Diseño de los enlaces ópticos

En los sistemas de enlaces ópticos se parte básicamente de los datos de la longitud a cubrir entre terminales y la capacidad de información a transportar, que a su vez define la cantidad de canales a implementar, por ende la velocidad a transmitir y su ancho de banda.

En el diseño se debe tener en cuenta varios factores:

- a) Para garantizar la calidad de un sistema de fibra, se debe determinar la sensibilidad del receptor, es decir la cantidad mínima de luz que éste pueda detectar, según la energía entregada por el emisor óptico.
- b) La diferencia entre la potencia del transmisor y la sensibilidad del receptor nos definirá la ganancia del sistema, que a su vez indica las pérdidas admisibles para un trayecto dado. Las pérdidas en el sistema están comprendidas por las pérdidas que introduce la fibra en su recorrido, los empalmes y conectores.
- c) La ganancia del sistema establecida, depende de la velocidad de transmisión y de la longitud de onda, pues el emisor tiene un rango de longitudes de onda de trabajo dado y la sensibilidad del receptor depende de la velocidad de transmisión.
- d) La velocidad binaria máxima que se pueda transmitir por el sistema dependerá del rango espectral del emisor, de la dispersión cromática de las fibras y de la longitud del trayecto.
- e) Otros factores a tener en cuenta son las pérdidas ocasionadas en el medio ambiente, por ejemplo las condiciones de temperatura, el envejecimiento de los materiales, las reparaciones eventuales a realizar durante su vida útil y el posible crecimiento de canales con uso de sistemas múltiples, empleando multiplexado por división de longitud de onda, WDM.

El diseñador debe tener en cuenta también consideraciones de funcionamiento reales como ser el funcionamiento del emisor a longitudes de onda distintas a las óptimas para el cual fue diseñado, o velocidades de transmisión mayores, que hacen disminuir la sensibilidad de los receptores.

Es necesario definir los valores de ganancia del sistema y los puntos de medición exactos, por ejemplo los terminales ópticos en bastidores de la central, para evitar así omitir pérdidas o se cuenten en forma repetida.

Para los cálculos se podrán distintos criterios según se trate de equipos de jerarquía digital plesiócrona, PDH (Pleisocronous Digital Hierarchy) o equipamiento de jerarquía digital síncrona, SDH (Synchronous Digital Hierarchy). En caso de red plesiócrona PDH el criterio se refiere a tomar las especificaciones de equipos en las peores condiciones de trabajo o adoptando un método de elección estadística.

En caso de red síncrona SDH el criterio se refiere a tomar las especificaciones de equipos y fibra para el peor caso. Esto para complementar la compatibilidad longitudinal como la transversal. La primera considera la compatibilidad de equipos con el plantel de fibra, mientras que el segundo considera la compatibilidad de los entre diferentes proveedores. Esta posición es muy conservadora, pues presupone la degradación de todos los componentes del sistema, que se degraden al extremo y todos en forma simultánea.

Casos particulares

Se ha desarrollado el método de cálculo en la posición de peor condición, para enlaces limitados por atenuación o dispersión. Se podrá efectuar la alternativa de cálculo tomando valores estadísticos de rendimientos de equipos y fibra proporcionados por los proveedores de equipos y del fabricante de los cables. Estos criterios son dados para casos particulares de excepción.

Calculo de un trayecto

Fundamentalmente para obtener el máximo alcance del trayecto se debe verificar:

- Balance de potencia óptica en el sistema óptico, con estudio de las atenuaciones del pulso óptico originado a lo largo del trayecto.
- Concordancia entre los valores de dispersión cromática generados por el trayecto óptico y los tolerados por el equipo receptor.

Recomendaciones de la UIT-T

Se respetará en los cálculos, los valores típicos o límites recomendados por la UIT-T.

Recomendación G.651, características de cables multimodo 50 / 125 μm .

Coeficiente de atenuación entre 0.5 y 0.8 dB / Km a 1300 nm.

Coeficiente de dispersión cromática típica menor a 6 ps / (nm Km) a 1300 nm.

Recomendación G.652, características de cables monomodo.

El valor nominal del diámetro del campo modal a 1300 nm está comprendido entre 9 y 10 nm, dependiendo si se trata de revestimiento adaptado o con depresión.

Coeficiente de atenuación entre 0.3 y 0.4 dB / Km a 1300 nm.

0.15 y 0.25 dB / Km a 1550 nm.

Coeficiente de dispersión cromática máximo de:

3.5 ps / (nm Km) entre 1285 y 1330 nm.

6 ps / (nm Km) entre 1270 y 1340 nm.

20 ps / (nm Km) en 1550 nm.

Recomendación G.653, características de cables monomodo con dispersión desplazada.

El diámetro del campo modal a 1550 nm está comprendido entre 7 y 8.3 nm.

Coeficiente de atenuación entre 0.19 y 0.25 dB / Km en 1550 nm.

Coeficiente de dispersión cromática de 3 ps / (nm Km) entre 1525 y 1575 nm

Recomendación G.654, características de cables monomodo con pérdidas minimizadas a 1550 nm.

Coeficiente de atenuación entre 0.15 y 0.20 dB/Km.

Coeficiente de dispersión cromática máximo de 20 ps / nm Km.

Estudio de las atenuaciones

Se efectúa un balance de potencia óptica a lo largo del trayecto, considerando las pérdidas introducidas en la fibra, empalmes y conectores, estimando los márgenes y penalidades a aplicar.

Los márgenes en el equipo consideran las degradaciones por efecto del tiempo como ser las variaciones de la sensibilidad del receptor. Se podrá establecer 3 dB para sistema con laser de temperatura estabilizada y detectores PIN. En los sistemas que utilizan diodos electroluminiscentes o laser no estabilizados el margen se puede aumentar en 2 dB.

Los fabricantes determinan las pérdidas máximas admisibles para sistemas, según la velocidad de trabajo, el tipo de emisor y la velocidad de transmisión, para una tasa de error de 10^{-11} . A este valor se le debe adicionar los márgenes respectivos.

Los márgenes se establecen principalmente:

En el cable, para prever posibles intervenciones a fin de repararlo.

En los equipos, tener en cuenta degradaciones por envejecimiento.

En conectores y empalmes, por posibles degradaciones que pudiesen producirse.

Las penalidades se refieren a posibles desensibilización que pudiesen producirse en el receptor.

VALORES TÍPICOS DE PÉRDIDA

Velocidad Mb/s	Longitud de onda nm	Pérdida máxima dB
4 x 140	1300	24
4 x 140	1550	26
622	1300	21
622	1550	21
622	1550	37
2.5	1300	17
2.5	1300	25
2.5	1550	17
2.5	1550	25

Condición de balance óptico

La condición numérica que debe cumplir un enlace entre dos puntos, para satisfacer el balance óptico del sistema está dada por la relación:

$$G_{\text{sistema}} \geq Pa_{\text{fibra}} + Pa_{\text{conectores}} + Pa_{\text{empalmes}} + \text{Márgenes} + \text{Penalidades} \quad [1]$$

Con G como ganancia y Pa como pérdidas por atenuaciones.

La atenuación en la fibra es proporcional a la atenuación de la fibra por unidad de longitud y a la longitud del cable Lc :

$$Pa_{fibra} = \alpha_{fibra} Lc \quad [2]$$

La atenuación introducida por los conectores y empalmes es proporcional a la cantidad presente de estos en la línea. Se toman los puntos de referencia S y T (Fig. 29).

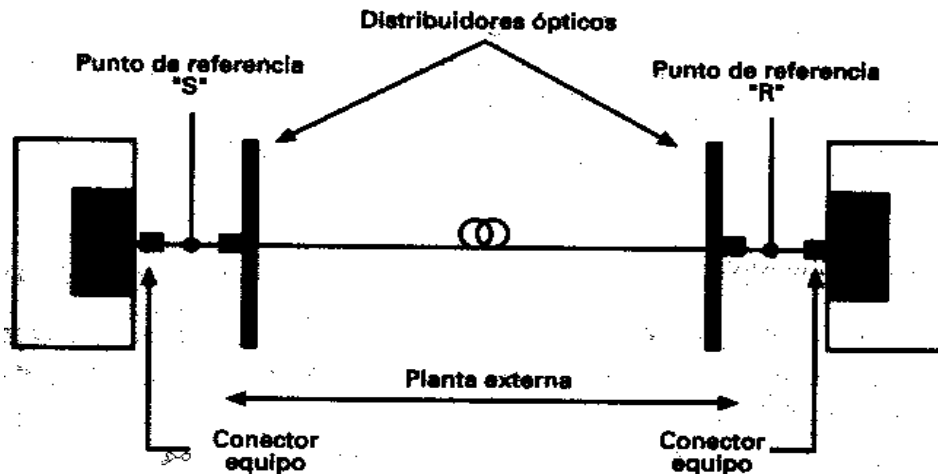


Fig. 29 - Puntos de referencia para el cálculo óptico

La expresión [1] se podrá utilizar para la verificación de un enlace mientras que si reemplazamos en ella la [2], los valores de la curva característica de margen en el cable respectivo y despejamos el valor de Lc, podremos obtener el máximo alcance para un sistema dado de fibra y equipos

$$L_{m\acute{a}x\ at} = (G_{sistema} - Pa_{conectores} - Pa_{empalmes} + M\acute{a}rgenes + Penalidades) / \alpha_{fibra} \quad [3]$$

Los márgenes del cable están dados por curvas características (Fig. 30).

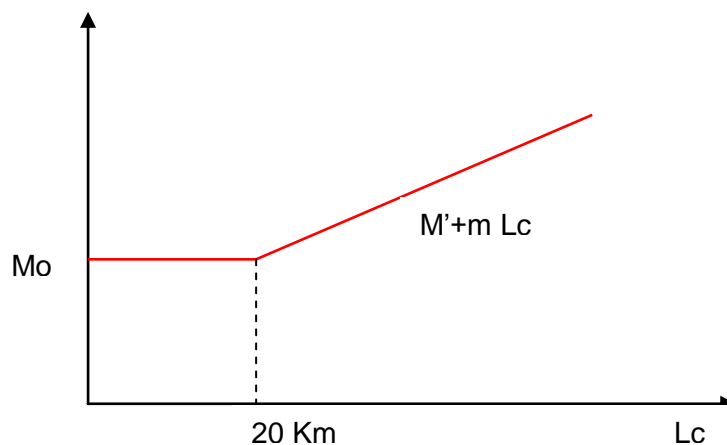


Fig. 30 - Característica de margen en el cable

Inclusión de atenuadores

Para los ramales cortos debe satisfacerse la condición que la potencia de recepción, tomando todos los márgenes y penalidades como nulos, sea menor a la que provoque la sobrecarga del receptor.

Si aconteciese tal situación cabe dos soluciones:

- Optar por un emisor de menor potencia.
- Intercalar un atenuador óptico en el trayecto.

Estos casos será conveniente verificarlos en obra, de acuerdo a las mediciones realizadas.

Estudio de las dispersiones

El haz de luz tiene un determinado ancho espectral, que define el ancho del pulso originado. A medida que el pulso de luz se desplace por el trayecto se ensancha y ocupa el espacio entre símbolos consecutivos (intersímbolo). Llega un momento que un receptor no podría distinguir si se trata de un símbolo 1 ó 0.

Este efecto se denomina de dispersión, los componentes del efecto de dispersión son para una fibra multimodo modal y del material, mientras que en una fibra monomodo del material y de guía de ondas, haciéndose despreciable la modal. La suma cuadrática de las dispersiones debidas al material y guías de onda se denominan dispersiones cromáticas.

La velocidad de propagación es función de la longitud de onda. Si suponemos transmitir con una única longitud de onda, aún en transmisión monomodo, se produce superposición de modos de esa misma longitud de onda, por tomar vías de propagación diferentes. Este efecto produce también ensanchamiento del pulso, llamado efecto de dispersión cromática.

Se expresa en ps de ensanche del pulso por nm del ancho espectral del transmisor y por Km de recorrido en el trayecto de la fibra. Se podrá adoptar como valor aceptable de dispersión cromática, un cuarto del intervalo del pulso T.

$$0.25 T > \text{Coef. dispersión [ps / (nm Km)]} \times \text{long. [Km]} \times \text{ancho espectral fuente [nm]}$$

Condición de dispersión cromática

A fin de que el enlace funcione correctamente debe cumplirse la relación:

$$\Delta\tau_{\text{fibra}} \geq L D_c \Delta\lambda \quad [4]$$

donde:

$\Delta\tau_{\text{fibra}}$ = ensanchamiento del pulso óptico por dispersión

L = longitud total del cable

D_c = dispersión cromática

$\Delta\lambda$ = ancho espectral de la fuente

Considerando un equipo dado, $\Delta\tau$ es fijo luego puede escribirse

$$D_{\text{máx}} = \Delta\tau / \Delta\lambda \geq D_c L \quad [5]$$

Donde:

$D_{\text{máx}}$ es un parámetro característico del equipo e indicativo del grado de dispersión que tolera. Su magnitud se expresa en:

$$[D_{\text{máx}}] = \text{ps / nm}$$

La expresión [5] se utiliza para verificar el cumplimiento de la dispersión cromática en un enlace. En cambio para calcular el máximo alcance en términos de dispersión, podrá emplearse la relación:

$$L_{\text{máx disp}} = D_{\text{máx}} / D_c$$

Donde:

$L_{\text{máx}}$ es la longitud máxima que podrá tener un cable, suponiendo que el mismo está limitado por dispersión.

La longitud máxima del cable adoptado será dada por la longitud resultante por atenuación [3] o la longitud resultante por dispersión [6], donde se adopta la menor de ellas.

Estudio de los códigos de línea

Básicamente se utilizan tres tipos de código de línea, el NRZ, el RZ o su variación denominada mb/nb. Si el sistema esta limitado en atenuación se usará NRZ y si está limitado en dispersión se usará el código RZ.

Para cada código de línea a utilizar se deberá cumplir la condición:

$$V_{Tx} \times L \leq K / D_c \times \Delta\lambda \quad [7]$$

Donde:

V_{Tx} = Velocidad de transmisión.

L = Longitud del trayecto.

K = Constante según código a utilizar.

D_c = Coeficiente de dispersión cromática.

$\Delta\lambda$ = Ancho espectral de la fuente.

- 1) Para el código NRZ se adopta $K = 250$.
- 2) El código RZ permite el doble de dispersión que el código NRZ, luego $K = 500$.
- 3) Si se utiliza un código Manchester o el código por inversión de señal CMI (Code Mark Inversion) se tiene una pérdida mayor, luego el receptor deberá detectar pulsos ópticos igual a la mitad respecto al código NRZ. Se debe adoptar entonces $K = 125$.

Metodología de cálculo

Vimos que dos son las limitaciones atenuación y dispersión para cubrir un trayecto óptico. Debemos verificar para nuestro caso cual de los dos es el mas limitativo.

La metodología practica a utilizar será hallar los valores limitantes de dispersión y atenuación, considerando el código de línea a emplear en el sistema y aplicando las condiciones dadas por [7], donde intervienen la velocidad de transmisión, el coeficiente de dispersión cromática y el ancho espectral de la fuente.

Análisis de las limitaciones por atenuación

Sabiendo que

$$G_{\text{disponible}} - M_{\text{equipo}} > P_{a \text{ fibra}} + P_{a \text{ empalmes}} + P_{a \text{ terminal óptico}} + M_{\text{cable}}$$

Con:

G = ganancia

M = márgenes

Pa = pérdidas por atenuación

Los márgenes de seguridad para la atenuación en la fibra se puede considerar adicionar 0,04 dB / Km para 1300 y 1550 nm por degradación, mas 0.05 dB / Km para compensar las variaciones de la longitud de onda. Además se considerarán los correspondientes a temperaturas extremas dadas por el fabricante si ese fuese el caso.

Igual condición para los empalmes, pudiéndose tomar 0.02 dB / Km. Las pérdidas en el terminal óptico, como en cada conector, tipo FC / PC, podrán ser de 0.5 dB. También se considerarán las pérdidas por empalmes y longitudes de cable extra. La adopción futura de sistemas WDM, podrán introducir 1.5 á 2.5 dB.

Análisis de las limitaciones por dispersión

Si se conoce la distancia del trayecto se calcula velocidad de transmisión x distancia y se elige una fibra y emisor que cumpla ese producto, para un código de línea especificado. Inversamente si se quiere conocer la distancia a cubrir, al producto velocidad de transmisión x distancia determinado por el tipo de fibra y emisor dado, se divide por la velocidad de transmisión.

Ejemplos de aplicación

Consideremos el cálculo de la distancia máxima entre repetidores para un enlace óptico con fibra trabajando en tercera ventana 1550 nm, garantizando una probabilidad de error de 10^{-11} .

Los parámetros utilizados son:

Velocidad de transmisión, V_{Tx} =	622 Mb/s.
Potencia de transmisión, Pot_{Tx} =	-5 dBm.
Ancho espectral de la fuente, $\Delta\lambda$ =	0.4 nm
Sensibilidad del receptor, $Sens_{Rx}$ =	- 35 dBm.
Dispersión cromática, D_c =	17 ps / (nm Km).
Pérdida en la fibra óptica, Pa fibra =	0.20 dB / Km.
Pérdidas en cada terminal óptico, Pa conectores =	0.5 dB
Pérdidas por empalme distribuida, Pa empalmes =	0.02 dB / Km
Márgenes en la fibra óptica, M fibra =	0.04 y 0.05 dB / Km.

Código de línea NRZ aleatorizado (Recomendación G.709 UIT-T)

Aplicamos la condición que el producto velocidad de transmisión por distancia, para un código NRZ debe ser menor o igual a 250 / (coeficiente de dispersión x ancho espectral de la fuente).

$$V_{Tx} \times L = 250 / D_c \times \Delta\lambda$$

Reemplazando valores resulta que:

$$V_{Tx} \times L = 250 / 17 \text{ ps / (nm Km)} \times 0.4 \text{ nm} = 36.8 \text{ Gb/s Km}$$

Luego:

$$L = 36.8 \text{ Gb/s Km} / 0.622 \text{ Gb/s} = 59 \text{ Km}$$

Si no cumple las expectativas, se calcula nuevamente por ejemplo para una fibra del tipo dispersión shifter que tiene una dispersión cromática de 3.5 ps / (nm Km), resultando 286 Km.

Verificamos para la condición de atenuación. La diferencia entre la potencia del transmisor y la sensibilidad del receptor nos definirá la ganancia del sistema,

$$G_{\text{disponible}} = \text{Pot}_{\text{TX}} - \text{Sens}_{\text{RX}} = -5 \text{ dBm} + 35 \text{ dBm} = 30 \text{ dB}$$

Como margen de los equipos (M equipo) podremos adoptar 4 dB, luego la pérdida máxima del trazo deberá ser menor a:

$$G_{\text{disponible}} - M_{\text{equipo}} = 26 \text{ dB}$$

$$G_{\text{disponible}} - M_{\text{equipo}} > P_{\text{a fibra}} + P_{\text{a empalmes}} + P_{\text{a terminal óptico}} + M_{\text{cable}}$$

$$> [(0.20 + 0.05 + 0.04) \text{ dB / Km} + 0.02 \text{ dB / Km}] L + 0.5 \text{ dB} \times 2$$

Despejamos la longitud L entre repetidoras, que resulta ser:

L= 82.2 Km

Valor que adoptaremos.

A. 11. 8. 2. Potenciación de una línea existente

La potenciación de una línea consiste en aumentar su capacidad de transmisión o incrementar sus facilidades, aprovechando en ambos casos las instalaciones existentes.

Se podrán presentar dos casos de potenciación:

Enlace plesiócrono a enlace síncrono

Llevar de 140 Mb/s a MTS-1 (155 Mb/s)

Llevar de 140 Mb/s a MTS-4 (622 Mb/s)

Llevar de 140 Mb/s a MTS-16 (2.5 Gb/s)

Llevar de 4 x 140 Mb/s (565 Mb/s) a MTS-4 (622 Mb/s)

Llevar de 4 x 140 Mb/s (565 Mb/s) a MTS-16 (2.5 Gb/s)

Enlace síncrono a enlace síncrono

Llevar de MTS-1 (155 Mb/s) a MTS-4 (622 Mb/s)

Llevar de MTS-1 (155 Mb/s) a MTS-16 (2.5 Gb/s)

Llevar de MTS-4 (622 Mb/s) a MTS-16 (2.5 Gb/s)

Para planificar la potenciación de un enlace se proponen las siguientes alternativas:

- Efectuar el diseño para el enlace que requiera menor nivel de atenuación y dispersión, en general el de mayor velocidad binaria.
- Diseñar el sistema original para que trabaje en la segunda ventana y elegir el sistema potenciado para que trabaje en la tercera ventana, a fin de aprovechar la menor atenuación que se presentará en esa región. Debido a la mayor dispersión que presenta la fibra en esa región se deberá emplear sistemas laser de poco ancho espectral.

Para aumentar la ganancia del sistema y en consecuencia el alcance del enlace, se puede recurrir a dos soluciones:

- Utilizar transmisores ópticos de mayor potencia de salida.
- Utilizar receptores ópticos de mayor sensibilidad.
- Adoptar una combinación de ambos.

Se debe verificar que las pérdidas por atenuación satisfagan la ganancia del sistema :

$$G_{\text{sistema}} [\text{dB}] = \text{Pot}_{\text{Tx}} [\text{dBm}] - \text{Sens}_{\text{Rx}} [\text{dBm}]$$

donde:

$$\begin{aligned} G_{\text{sistema}} &= \text{Ganancia del sistema} \\ \text{Pot}_{\text{Tx}} &= \text{Potencia en el emisor} \\ \text{Sens}_{\text{Rx}} &= \text{Sensibilidad del receptor} \end{aligned}$$

Por otra parte los equipos podrán tolerar una dispersión máxima admisible, sin que ello implique una degradación en la calidad del vínculo.

Este valor máximo de ensanchamiento del pulso está ligado con el ancho del pulso óptico por la expresión:

$$\Delta\tau_{\text{máx}} \leq k \tau$$

Donde $\Delta\tau_{\text{máx}}$ corresponde al ensanchamiento máximo admisible del pulso, τ duración del pulso óptico y k varía entre $0 < k < 0.5$

Para acotar el problema de dispersión cromática en el trayecto se podrá optar por soluciones:

- Disminuir el ancho espectral de la fuente, ya que el ensanchamiento del pulso depende directamente del ancho espectral de la fuente.
- Restringir el rango de longitudes de onda de trabajo del sistema. De este modo se buscan las longitudes de onda para las cuales la fibra tiene menor dispersión.

Los valores de coeficiente de dispersión cromática a adoptar para 2ª y 3ª ventanas serán del orden de:

$$2^{\text{a}} \text{ ventana} = 3.5 \text{ ps} / (\text{nm Km})$$

$$3^{\text{a}} \text{ ventana} = 20 \text{ ps} / (\text{nm Km})$$

Atenuación introducida por la fibra:

Ventana	1310 nm	1550 nm
Fibra estándar Clase 1	0.40 dB/Km	0.30 dB/Km
Fibra estándar Clase 2	0.35 dB/Km	0.25 dB/Km

Atenuación por cada empalme, como pérdida de inserción, deberá ser menor a 0.15 dB.

Atenuación por cada conector, como pérdida de inserción, deberá ser menor a 1.20 dB.

- 11) Elección de los taps de acuerdo a número de hogares a servir.
- 12) Seleccionar los elementos de división de señal.
- 13) Calcular la cantidad de fuentes de corriente alternada, según la cantidad de elementos activos a alimentar y de las caídas de tensión en los tramos de los cables.
- 14) Ubicar las fuentes de alimentación.
- 15) Calcular los costos totales.

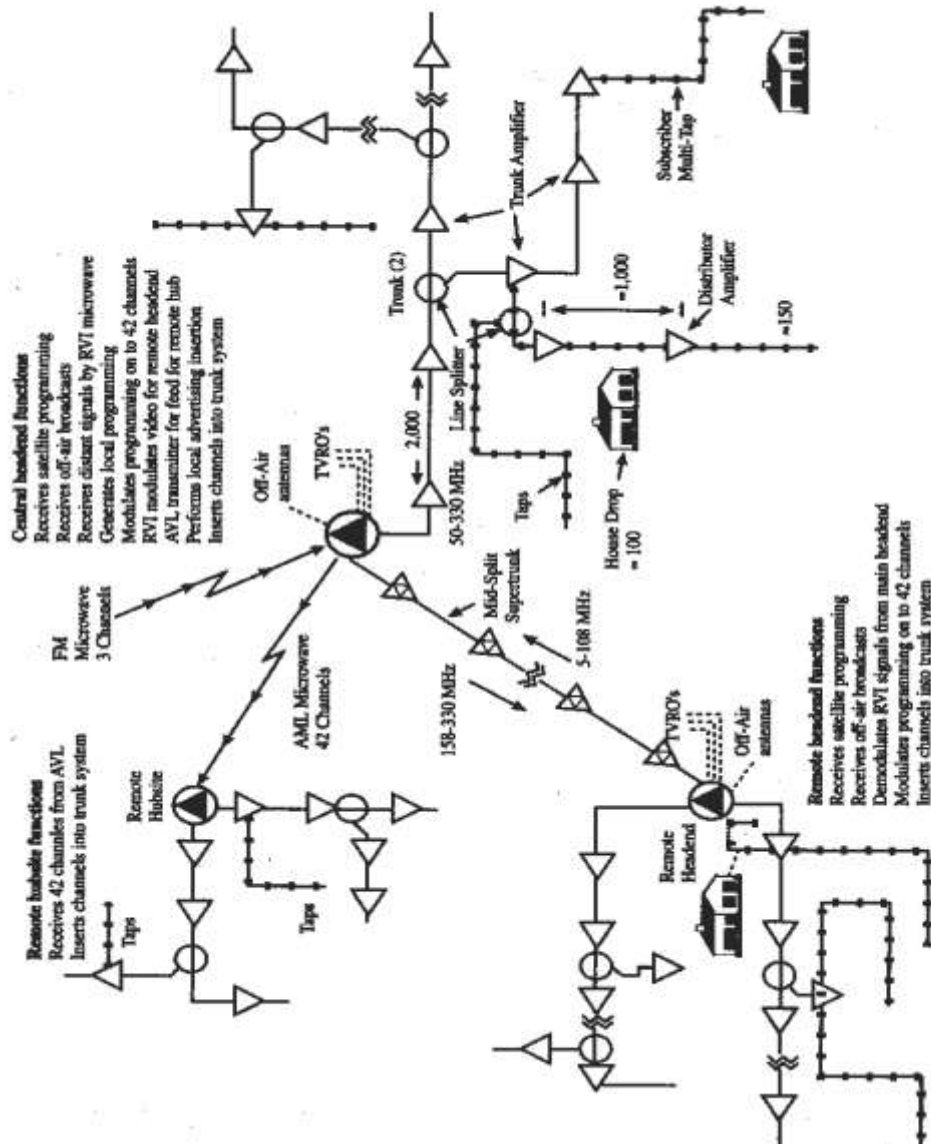


Fig. 31 - Sistema genérico de CATV

A. 11. 9. Mediciones de aceptación

Las mediciones para la aceptación de una obra, constituida por el tendido de un cable de fibra óptica, deberán arrojar ciertos valores admisibles. Tales valores estarán en concordancia con los valores dados para el cálculo de un proyecto.

Las mediciones de los valores de transmisión en la fibra óptica, se tipifican según su etapa de realización y por la clase de medición.

Las etapas serán, mediciones a efectuar previas al tendido, con el fin de comprobar la calidad y estado del cable, de instalación efectuada en cada paso de ejecución, destinadas a mantener el correcto desarrollo de los trabajos y las medidas finales, para la aceptación de la obra.

De éstas, solo nos interesan como idea de diseño, las finales de aceptación. Por clase de medición se tiene, las mediciones de:

- Retroesparcimiento
- Potencia,
- Dispersión.

Mediciones de retroesparcimiento

Las mediciones de retroesparcimiento, permiten evaluar la correcta continuidad de la fibra, detectar defectos y medir empalmes, conectores, atenuación lineal y longitud real.

Para su realización se emplean ecómetros ópticos en el dominio del tiempo OTDR (Optical Time Domain Reflectometers). Se realizan en 1300 nm, 2^{da} ventana y 1550 nm, 3^a ventana.

El efecto de reflexión parcial de un haz de luz, que incide perpendicular sobre una superficie de discontinuidad, se denomina reflexión de Fresnel. En las mediciones de retroesparcimiento, efectuado mediante un equipo reflectómetro óptico en el dominio del tiempo OTDR, se deberá evitar la zona ciega del extremo cercano, debida al efecto Fresnel.

Los tramos de cable instalado no deberán superar los valores de 0.40 dB / Km para 1300 nm y de 0.30 dB / Km para 1550 nm (fibra monomodo). Los empalmes deberán indicar pérdidas inferiores a 0.30 dB, tanto en 1300 nm, como en 1550 nm, con valores medios de 0.10 dB. Para cables de capacidad igual o superior a 64 fibras, con longitud total menor a 20 Km, se permiten pérdidas en los empalmes menores a 0.40 dB y de valores medios de 0.15 dB.

Cabe destacar que estos son valores máximos, en la práctica se obtiene frecuentemente empalmes con valores de atenuación muy baja, incluso de valor nulo. Los conectores deberán indicar valores medios de mediciones en ambos sentidos, inferiores a 1.20 dB, tanto en 1300 nm, como en 1550 nm.

Mediciones de potencia

Las mediciones de potencia, nos indican la atenuación dada por el sistema cable, empalmes, divisores, derivadores y conectores. Ajustando previamente el equipo, se realizan las mediciones empleando emisor y receptor en los extremos del tramo o enlace en prueba, obteniendo P_0 y P_1

Valor de Atenuación:

$$A \text{ (dB)} = 10 \log P_0 \text{ (w)} / \log P_1 \text{ (w)}$$

$$A \text{ (dB)} = P_0 \text{ (dB)} - P_1 \text{ (dB)}$$

Las pruebas finales se realizarán entre los conectores extremos terminados, del repartidor óptico y sobre cada fibra.

El valor máximo admisible A, de atenuación, está determinado por la expresión:

$$A \text{ (dB)} = (L \alpha T) + (nE \alpha E) + (nC \alpha C)$$

Donde:

L = longitud de la fibra monomodo.

αT = 0.40 dB/Km para 1300 nm y 0.30 dB/Km para 1550 nm.

nE = cantidad de empalmes, incluyendo los terminales.

αE = 0.15 dB (0.40 dB máx), en rutas con mas de 64 fibras y menos de 20 Km.

nC = cantidad de conectores.

$$\alpha_C = 1.20 \text{ dB.}$$

La sección de regeneración será de 0.1 dB para rutas con mas de 5 empalmes.

Mediciones de dispersión

Las mediciones de dispersión cromática, se realizarán en todas las secciones de regeneración, con longitudes superiores a 38 Km.

Los límites máximos de dispersión son:

$$1285 < \lambda < 1330 \quad \leq 3.5 \text{ ps / (nm Km)}$$

$$1270 < \lambda < 1340 \quad \leq 6 \text{ ps / (nm Km)}$$

$$\lambda = 1550 \quad \leq 20 \text{ ps / (nm Km)}$$

A. 11. 10. Parámetros característicos de red CATV

Para poder brindar ejemplos de las características constructivas de una red de CATV, nos detendremos a observar un proyecto simplificado de planta, dado en USA. Los componentes de un cable genérico (Fig. 31), distribuidor de una señal satelital, serán identificados como:

- Estación cabecera.
- Cabecera o concentración remota.
- Enlace de microondas AML.
- Enlace de microondas FML.
- Amplificador de supertronco.
- Cable y conectores del supertronco.
- Amplificador troncal.
- Cables y conectores troncales
- Divisores de líneas.
- Extensores de línea.
- Cable y conectores distribuidor.
- Cajas de distribución múltiple.
- Divisores internos.
- Cable y conectores de bajada del abonado.
- Conversor.
- Videocasetera.
- Televisor.

A. 11. 10. 1. Estación cabecera

La estación o central cabecera origina o recepciona la señal principal y la modula para insertarla en el sistema de CATV:

- Recepción de la programación vía satelital.
- Recepción de señal de emisoras de radio y televisión abierta.
- Recepción de señal distante de microondas y retorno del cable.
- Modulación de la programación para la inserción en el cable.
- Modulación FM de video para las cabeceras remotas.
- Inserción de propaganda.
- Inserción de los canales en el sistema troncal.

Característica técnica de los equipos

La recepción de la programación vía satelital se realiza mediante el sistema TVRO (Television Receive Only), que consiste de una antena, un amplificador de bajo ruido LNA (Low Noise Amplifier), un receptor de FM o un convertidor de bajo ruido LNB (Low Noise Block) y cables de interconexión.

La antena parabólica del TVRO tiene de 2.8 á 10 m de diámetro, dependiendo de la ganancia requerida.

El LNA generalmente se conecta directamente a la antena. Recepciona y amplifica la señal para entregarla al receptor. Se utilizan dos bandas de frecuencias, la banda C de 3.7 á 4.2 GHz y la banda Ku de 10.95 á 14.5 GHz.

El LNB no solo amplifica también convierte la señal de cada canal en UHF o banda de frecuencias L para modularla e insertarla en el cable.

Especificaciones típicas para los receptores

Señal de RF de entrada

Nivel máximo	-34 dBm
Rango de frecuencias	3.7 á 4.2 GHz
Impedancia característica	50 Ohm
Pérdidas de retorno	>20 dB
Figura de ruido	15 dB máximo.
Rechazo de imagen	> 60 dB
Filtrado oscilador local	< -70 dBm

Frecuencia intermedia (FI)

Frecuencia intermedia	70 MHz
Ancho de banda ruido efectivo	32.4 MHz
Impedancia característica	75 Ohm
Pérdidas de retorno de FI, entrada al monitor	> 20 dB
Rango de operación dinámico	40 dB

Bandabase

De énfasis 525 líneas	Rec. 405-1 CCIR
Rango de desviación	6 á 12 MHz pico a la frecuencia de cruce de énfasis.
Umbral de video estático de FM	8 dB C/R con TED (Threshold Extensión Demodulation).

Nivel de video

	1 Vp-p (pico a pico) ± 3 dB
Respuesta (15 Hz - 4.2 MHz)	Standard ± 0.5 dB con TED
Impedancia característica	75 Ohm
Pérdidas de retorno	> 26 dB
Polaridad	negro a blanco como positivo.
Clamping	40 dB con rechazo distribuido.
Distorsión de la forma de onda line – time	< 1% pendiente.
Distorsión de la forma de onda field - time	< 1% pendiente.
Fase diferencial	< $\pm 1^\circ$: 10 á 90% APL
Ganancia diferencial	< $\pm 2.5\%$: 10 á 90% APL

Audio

Frecuencia de subportadora	6.8 MHz
Respuesta de frecuencia	30 Hz á 15 KHz ± 0.5 dB
De énfasis	75 μ s
Rango del nivel de salida	-10 á +10dBm
Impedancia característica	600 Ohm
Distorsión armónica	< 1%

Especificación típica del convertidor de bajo ruido LNB

Rango de frecuencias	3.7 á 4.2 GHz
Nivel de entrada	-75 dBm á -95 dBm por canal.
Pérdidas de retorno de entrada	>20 dB
Ganancia de conversión	56 dB ± 3 dB
Rechazo de imagen	> 60 dB
Banda de frecuencia intermedia	950 -1450 MHz ó 270-770 MHz
Impedancia característica de salida a FI	75 Ohm
Pérdida de retorno de salida	> 17 dB
Temperatura de ruido (25°C)	90 á 100°K

Especificación de coaxial con amplificador de bajo ruido (LNA)

Tamaño	7/8"	1/2"
Impedancia característica	50 Ohm	50 Ohm
Velocidad de propagación	85 - 91.5%	80%
Atenuación dB/30 m a 4.2 GHz	2.96 dB	8.0 dB

Especificación típica de antena

Reflector parabólico diámetro 4.5 m

Frecuencia de operación	3.7 á 4.2 GHz
Referencia de ganancia a puerto OMT	43.6 dBi á 4.0 GHz
VSWR	1.3 : 1
Polarización	Lineal dual.
Ajuste de polarización	360° continuo.
Supresión de modulación cruzada	35 dB mínima sobre eje.
Aislación puerto a puerto	35 dB mínimo.
Ancho del lóbulo de 3 dB nominal	1.1° á 4.0 GHz
Nivel primer lóbulo lateral	22 dB

Envolvente del patrón de radiación del lóbulo lateral con apartamiento 0 del eje

29 - 25 lg 0 dB:	1° < 0 < 7°
+8 dBi :	7° < 0 < 9.2°
32 - 25 lg 0 dB:	9.2° < 0 < 48°
-10 dBi :	48° < 0 < 180°

Temperatura de ruido (referido al puerto OMT) 4 GHz.

<u>Elevación</u>	<u>Ta</u>
5°	53 K
10°	38 K
15°	31 K
20°	27 K
30°	24 K
40°	22 K
50°	21 K
60°	21 K

A. 11. 10. 2. Cabecera o concentración remota

La estación cabecera remota o concentración (hub) remota, es un complemento de la estación cabecera principal, procesando solo la parte del espectro correspondiente al cable.

Las funciones de una cabecera remota son:

- Recepción de la programación satelital.
- Recepción de programación abierta.
- Demodulación de la señal en FM desde la estación cabecera.
- Modulación de la programación dentro de los canales de cable.
- Inserción de los canales al sistema troncal.
- Inserción de los canales de retorno a la estación cabecera.

Las funciones de una concentración remota son:

- Recepción de los canales desde la AML.
- Inserción de los canales al sistema troncal.

A. 11. 10. 3. Enlace de microondas AML

El sistema de enlace por microondas con modulación en amplitud AML (Amplitude Modulated Microwave Link) consta de:

- Transmisor, conversión individual de los canales de televisión.
- Receptor, conversión en bloque del espectro descendiente del cable.

Especificaciones del receptor

Frecuencias

Entrada

FCC CARS Banda 12.7 ó 13.25 GHz -35 á 50 dBm nivel nominal.

Salida

40 canales	54 á 330 MHz
60 canales	54 á 450 MHz
80 canales	54 á 550 MHz

Rango Dinámico AGC	35 dB
Desviación de la pendiente del AGC	±1 dB
Ganancia ajustable	20 dB nominal.
Ganancia de la pendiente	±1.5 dB
Nivel de salida VHF	±24 dBmV nominal.
Oscilador local	enganchado en fase al transmisor.
Estabilidad de frecuencias	1×10^{-6} /mes.
Pérdida de retorno de salida	16 dB
Pérdida de retorno de entrada	20 dB
Figura de ruido	10 dB (5 ó 7 dB opcional en un LNA)

Calidad de la señal de salida (a CNR = 53 dB).
40 canales 60 canales 80 canales

CTB (distorsión por batido triple compuesto)			
sin LNA	-86 dB	-80 dB	-80 dB
con LNA	-78 dB	-72 dB	-72 dB

Xmod (modulación cruzada)			
sin LNA	-85 dB	-79 dB	-79 dB
con LNA	-77 dB	-71 dB	-71 dB

Hum (modulación de zumbido) 0.004 Vrms

Especificaciones del transmisor

Frecuencias de entrada en VHF	54 á 550 MHz
Nivel de entrada nominal	
Señal de video	+ 40 dBmV (-9dBm)
Audio y señal de FM	17 dB video inferior.
Frecuencias de salida	CARS Banda 12.7 á 13.25 GHz
Potencia de salida por canal	
Potencia alta	5 W (+37 dBm)
Potencia baja	63 mW (+18 dBm)
Estabilidad de frecuencias	mayor a $\pm 0.0005\%$
Tipo de modulación	
Potencia alta	Banda lateral única con supr. de portadora.
Modulación por amplitud (SSB-SC-AM).	
Potencia baja	Banda lateral vestigial.
Modulación (VSB-AM).	
Pérdida de retorno de salida	16 dB
Pérdida de retorno de entrada	16 dB
Retraso de grupo	± 25 ns
Ganancia diferencial	0.4 dB
Fase diferencial	2°

A. 11. 10. 4. Enlace de microondas FML

El sistema de enlace por microondas con modulación en frecuencia FML consta de :

- Transmisor de canal simple 25 MHz por canal (12 MHz opcional).
- Receptor de banda ancha.

Sistema

Rango de frecuencia de microonda	12.7 á 13.25 GHz
Estabilidad de frecuencia	+ 0.0005%
Modulación	Frecuencia Modulada (FM)
Capacidad de transmisión	1 NTSC video color mas 3 subportadoras de audio.

Especificación de equipamiento**Transmisor**

Potencia de salida	26 á +37 dBm
Configuración	FI heterodina.
Desviación (CCITT 405-1 énfasis)	± 2.75 MHz pico.
Nivel de entrada en banda base/Impedancia/Perdida de retorno/Conectores.	
Video	1 V p-p 75 Ohm, 26 dB, conector BNC
Audio	-10 dBm, 600 Ohm, 26 dB, terminal desnudo.
Frecuencia subportadora de audio desplazada de la portadora de video	4.5, 5.3 y 6.0 MHz
Desviación de subportadora de audio	± 25 ó ± 75 KHz pico
	con 25 ó 75 μ s énfasis.

Receptor

Figura de ruido	10 dB (opcional 7.0 dB)
Umbral ponderado para SNR de 33 dB con 10 dB de figura de ruido NF (Noise Figure)	-79 dBm

Configuración	conversión dual, 70 MHz 2ª FI
Nivel de salida / Impedancia / Perdida de retorno / Conectores	
Video	1 V p-p, 75 Ohm, 26 dB - BNC
Audio	+10 dBm, 600 Ohm, 26 dB, terminal desnudo.

Rendimiento del sistema (nivel de portadora recepción -45 dBm)

Video

Respuesta de frecuencia (10 KHz-4.5 MHz)	±0.5 dB ref 1 MHz
Crominancia / Retardo de luminancia	45 nseg
Cromatismo / Ganancia de luminancia	±0.4 dB
Distorsión en el campo del tiempo	3%
Distorsión en el campo de la línea	1%
Distorsión en tiempo corto	4%
Ganancia diferencial (10-90% APL)	5%
Fase diferencial (10 -90% APL)	2°
Pendiente (tiempo en campo o línea)	2%
SNR (ponderado CCITT)	63 dB
Hum (zumbido interferente)	-60 dB

Audio

Respuesta de frecuencia, 50 Hz - 15 KHz	±0.5 dB
Distorsión (±10 dBm salida)	1%
SNR (50 Hz - 15 KHz)	57 dB

A. 11. 10. 5. Amplificador de supertronco

A fin de mantener la alta calidad de la señal hasta la estación o concentración remota, la distorsión y el ruido asociados con el equipo en el tramo troncal, deben ser minimizados.

Un supertronco es un método de transporte de la señal utilizando cable en vez de transmisión por aire. Los amplificadores generalmente utilizan tecnología power-doubling o feedforward para reducir la distorsión. Los amplificadores de bajas ganancias mantienen el nivel de la señal alta en relación a mantener una buena CNR.

Especificación amplificador supertronco - Realimentación típica

	<u>Canal descendente</u>	<u>Canal de retorno</u>
Pasabanda (MHz)	54 - 450	5 - 33
Espaciamiento operacional (dB a frecuencias altas)	21 (700 m de 1", 0.87 p.v.)	17
Cantidad de canales	60	4
Nivel de operación (dBmV)		
Frecuencia (MHz)	450 / 54	33 / 5
Entrada, mínima ((dBmV)	12 / 12	17 / 17
Salida (dBmV)	33 / 30	34 / 34
Portadora a interferencia CTB (dB)	102	--
De segundo orden discreto (dB)	90.5	85
Modulación cruzada Xmod (dB)	97	94
De tercer orden (dB)	--	104
Factor CNR (dB)	59.5	69.5
Figura de ruido (dB)	11.5	7.5

Ganancia completa mínima (dB)	25	20
Rango dinámico AGC (dB)	±3	--
Rango de ganancia manual (dB)	--	8
Rango manual de pendiente AGC (dB)	±3.5	--
Pérdida de retorno (dB mínima)		
Entrada	16	16
Salida	16	16

A. 11. 10. 6. Cables

Los cables del supertronco o troncales son habitualmente del tipo fibra óptica, mientras que como cable distribuidor y cable de acometida al abonado, siempre se utilizan coaxiales.

Al utilizarlos como troncal deberán ser de gran diámetro permitiendo alta velocidad de propagación a fin de reducir la atenuación, se usan diámetros de 0.750", 0.875", 1" y 1.125".

En las líneas de distribución, con ramales de corta longitud, pero con un considerable número de ramales, insumen mayor longitud total, deberán ser mas económicos, empleándose coaxiales de 0.500" y 0.625".

Para las líneas de bajada al abonado, son construidas con un cable de diámetro pequeño y mayor flexibilidad que los anteriores de características rígidas. Como generalmente son de corta longitud, un promedio de 50 m, pero de gran número, deben ser aún mas económicos. Se usan coaxiales del tipo RG-59 de 0.240" (6.10 mm) y RG-6 de 0.273" (6.93 mm).

Especificaciones generales

Impedancia característica	75 Ohm
Pérdida de retorno estructural en tronco y cable de distribución	>30 dB
Cable de bajada	>26 dB
Retardo de tiempo	4.17 ms máximo (velocidad de propagación 80% min.).

Atenuación de los cables

Velocidad de propagación = 82%, Atenuación (dB/100m)

MHz	Tipo de Cable					
	RG-59	RG-6	0.412"	0.500"	0.750"	1.000"
5	2.55	2.00	0.75	0.56	0.39	0.33
30	6.27	4.94	1.90	1.38	0.95	0.79
50	8.42	6.65	2.53	1.94	1.36	1.08
300	20.00	16.00	5.94	4.89	3.44	2.58
450	24.60	19.80	7.47	6.07	4.40	3.58
550	27.20	21.90	8.37	6.81	4.90	4.03

Velocidad de propagación = 87%, Atenuación (dB/100m)

MHz	Tipo de Cable							
	RG-59	RG-6	0.412"	0.500"	0.625"	0.750"	0.875"	1.000"
5	1.88	1.53	0.66	0.54	0.43	0.34	0.30	0.30
30	4.63	3.78	1.64	1.31	1.12	0.85	0.79	0.75
50	6.24	5.10	2.23	1.79	1.50	1.17	1.08	1.02
300	15.00	12.30	5.36	4.31	3.61	2.93	2.59	2.46
450	18.50	15.20	6.63	5.35	4.43	3.67	3.22	3.02
550	20.50	16.90	7.51	5.98	4.96	4.24	3.71	3.38

A. 11. 10. 7. Conectores

Se utilizan básicamente dos conectores, el tipo feedthrough y el tipo pin. El conector feedthrough permite que el centro del conductor del cable pase directamente dentro del dispositivo del aparato a conectar.

El conector pin dispone de un cuerpo central que sirve de enchufe al dispositivo a conectar, de esta forma se permite adaptar la conexión a dispositivos que dispongan de un cuerpo central de gran diámetro.

Características técnicas

Atenuación	débil.
Pérdida de retorno	30 dB mínimo.

A. 11. 10. 8. Amplificador troncal

Estos amplificadores podrán menospreciar / reducir los rendimientos dados por las especificaciones. Podrán emplear del tipo push-pull o power-doubling, en sistemas de mas de 60 amplificadores. La ganancia de los amplificadores troncales podrá ser mayor que en los supertroncos puesto que la distorsión y la relación señal de portadora a ruido CNR no es tan crítica.

Los sistemas con gran cantidad de amplificadores en cascada y alta carga de canales frecuentemente usan amplificadores feedforward para mantener el rendimiento.

Especificaciones típicas para amplificadores troncales push-pull

	<u>Canal descendente</u>	<u>Canal de retorno</u>
Banda pasante (MHz)	54 - 300	5 - 40
Espaciamiento operacional (dB) (700 m de 0.75", 0.82 prop. vel)	25	13.5
Cantidad de canales	35	4
Nivel de operaciones (dBmV)		
Frecuencia (MHz)	300 / 54	30 / 5
Entrada	8 / 8	17 / 17
Salida	33 / 26	30.5 / 30.5
Portadora a interferencia CTB (dB)	90	--
De segundo orden discreto (dB)	79.5	90
Modulación cruzada Xmod (dB)	88	100
De tercer orden (dB)	--	108
Factor CNR (dB)	57.5	67.5
Figura de ruido (dB)	9.5	8.5
Ganancia completa mínima (dB)	29	17.5
Rango dinámico AGC (dB)	+3	--
Rango de ganancia manual (dB)	6	8
Rango manual de pendiente (dB)	-3.5	-3.5
Pérdida de retorno (dB mínimo)		
Entrada	16	16
Salida	16	16

Especificaciones típicas para amplificadores troncales power doubling

	<u>Canal descendente</u>	<u>Canal de retorno</u>
Banda pasante (MHz)	54 - 450	5 - 40
Espaciamiento operacional (dB) (500 m de 0.75",	22	13

	0.82 prop. vel)	
Cantidad de canales	60	4
Nivel de operaciones (dBmV)		
Frecuencia (MHz)	450 / 54	30 / 5
Entrada	8 / 8	21 / 21
Salida	30 / 24	34 / 34
Portadora a interferencia CTB (dB)	110	--
De segundo orden discreto (dB)	88	88
Xmod (dB)	96	104
Batido de tercer orden (dB)	--	107
CNR (dB)	58.5	70.5
Figura de ruido (dB)	8.5	9.5
Ganancia completa mínima (dB)	29	15
Rango dinámico AGC (dB)	±3	--
Rango ganancia manual (dB)	10	15
Rango manual de pendiente (dB)	-10	-5
Perdida de retorno (mínimo dB)		
Entrada	16	16
Salida	16	16

A. 11. 10. 9. Divisores de líneas

Los divisores de líneas (splitter) y acopladores direccionales son usados para separar la señal en dos o tres diferentes cables o medios.

Características técnicas

Descripción	splitte 2 vías	splitte 3 vías	DC 8	DC 12	DC 16
Pérdida máx (dB)	4.4	7.9*	8.0	12.8	16.3
Pérdida de inserción máx (dB)	4.4	4.4	3.1	1.5	1.2
Aislación (mínima)		20 dB			
Pérdida de retorno (mínima)		18 dB			

* dos piernas

A. 11. 10. 10. Extensores de línea

Se denominan como extensores de línea o extensores de bucle a los amplificadores instalados en los ramales distribuidores. También son comúnmente llamados amplificadores alimentadores.

Puesto que hay muchos mas amplificadores alimentadores que amplificadores troncales en un sistema de cable, estos deben ser de costo reducido. El bajo costo significa bajo requerimiento de las especificaciones. Ello puede ser tolerado si se dispone solo de dos o tres amplificadores alimentadores.

Estos amplificadores podrán ser tanto del tipo push-pull como power-doubling, dependiendo la elección de cuantos canales se dispondrán sobre el sistema y que especificación debe ser satisfecha por el recurso / implemento del abonado.

Especificaciones típicas para amplificadores alimentadores power doubling

	<u>Canal descendente</u>	<u>Canal de retorno</u>
Banda pasante (MHz)	54 - 450	5 - 40
Espaciamiento operacional (dB)	31	18 (300 m de 0.50" y multitaps)
Cantidad de canales	60	4
Nivel de operaciones (dBmV)		
Frecuencia (MHz)	450 / 54	30 / 5
Entrada	16 / 9	28 / 28
Salida	47 / 40	46 / 46
Portadora a interferencia CTB (dB)	61	--
De segundo orden discreto CSO (dB)	66.5	68
Modulación cruzada Xmod (dB)	61	76
Batido de tercer orden (dB)	--	84
Factor CNR (dB)	65.5	80.5
Figura de ruido (dB)	9.5	6.5
Ganancia completa mínima (dB)	32	19
Rango ganancia manual (dB)	8	10
Rango manual (dB)	-4	--
Perdida de retorno (mínimo dB)		
Entrada	16	16
Salida	16	16

A. 11. 10. 11. Cajas de distribución múltiple

Las cajas para la distribución de acometidas múltiples (multitaps), permiten distribuir la señal desde el cable de distribución a la bajada al abonado (Fig. 32).

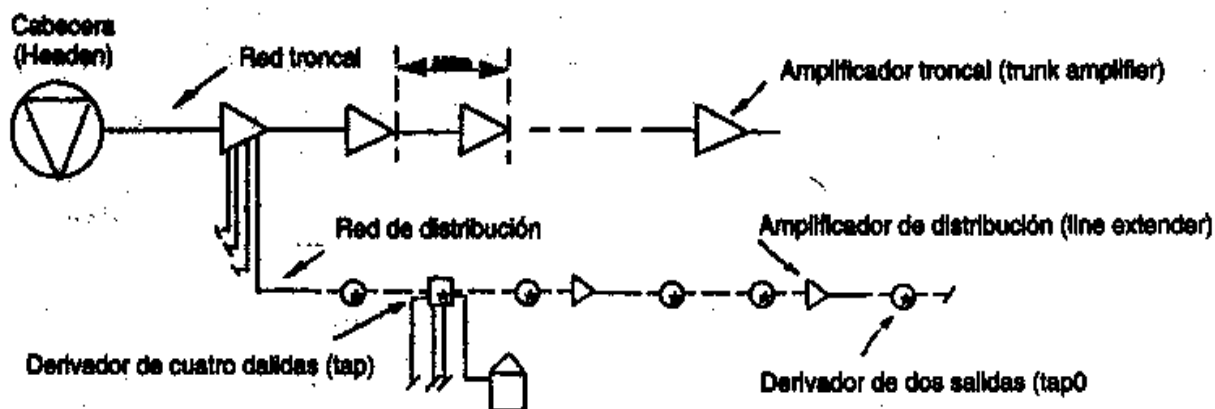


Fig. 32 - Red típica de CATV

Un multitap es una combinación de acoplador direccional y divisor de señal (splitters) diseñado para brindar la mas baja pérdida de inserción respecto a la cantidad de derivaciones a conectar.

Especificaciones técnicas

Cajas de dos vías (dos salidas)

Pérdida en caja de distribución	Pérdida de inserción (dB)		
	5 MHz	50 MHz	550 MHz
4	T*	T	T
8	3.2	2.9	3.6

11	1.8	1.5	2.2
14	0.9	0.8	1.5
17	0.7	0.6	1.2
20	0.5	0.4	1.0
23	0.5	0.4	0.9
26	0.4	0.4	0.9
29	0.4	0.4	0.8

* T = Terminación multitap

Cajas de cuatro vías (cuatro salidas)

Pérdida en caja de distribución	Pérdida de inserción (dB)		
	5 MHz	50 MHz	550 MHz
8	T	T	T
11	3.2	2.9	3.6
14	1.8	1.5	2.2
17	0.9	0.8	1.5
20	0.7	0.6	1.2
23	0.5	0.4	0.9
26	0.5	0.4	0.9
29	0.5	0.4	0.8

Cajas de ocho vías (ocho salidas)

Pérdida en caja de distribución	Pérdida de inserción (dB)		
	5 MHz	50 MHz	550 MHz
11	T*	T	T
14	2.7	3.0	4.3
17	1.6	1.6	2.2
20	1.0	1.1	1.7
24	0.7	0.6	1.6
26	0.6	0.6	1.0
29	0.4	0.4	0.8

A. 11. 10. 12. Divisores internos

Muchos abonados disponen de varias salidas a distintos implementos. Los divisores internos (splitters) cumplen esa tarea a bajo costo.

Especificaciones técnicas

Descripción	Divisor 2 vías	Divisor 3 vías	Divisor 4 vías
Pérdida en caja derivación (dB)	4.0	8.0*	8.0**
Pérdida en caja derivación (dB)	4.0	4.0	-
Aislación	-	25 dB mínimo	-

Pérdida de retorno entrada (dB)	-	18 dB mínimo	-
Pérdida de retorno salida (dB)	-	20 dB mínimo	-
Aislación	-	100 dB mínimo	-

* dos piernas ** cuatro piernas

A. 11. 10. 13. Conversor

Designamos con el nombre de conversor a un Set Top Box (STB) que permite al abonado recibir canales no disponibles en el sintonizador de su televisor o videocasetera, tomando la señal del canal 2, 3 ó 4. Se efectúa su empleo de tal forma que provoque la menor interferencia al televisor local.

Especificaciones típicas

Ancho de banda de entrada	54 á 450 (MHz)
Cantidad de canales	60
Número del canal de salida	3 ó 4
Respuesta de frecuencia de canal	±2 dB con 6 MHz por canal.
Ganancia	0 á 9 dB
Figura de ruido (dB)	13 dB
Perdida de retorno	
Entrada	7 dB mínimo sobre sintonizador de canal.
Salida	11 dB mínimo.
Aislación entrada/salida	60 dB
Respuesta a espurios	
Entrada	-37 dBmV mínimo.
Salida	-57 dBmV en canal.
Estabilidad de frecuencia	±250 KHz
Distorsión a 15 dBmV	
con 60 canales y entrada plana	
De segundo orden CSO	-57 dB
Modulación cruzada Xmod	-57 dB
Factor CTB	-57 dB
Nivel de entrada	-0 á +20 dBmV

A. 11. 10. 14. Videocasetera

La videocasetera (Video Cassette Recorder - VCR), es el primer implemento que dispone el abonado y esta fuera del control del operador.

Una videocasetera dispone de un divisor de señal interna que permite ver un programa mientras está grabando otro. Este divisor reduce el nivel de la señal de 4 á 5 dB antes de llegar al televisor. Por la gran variedad de marcas y modelos es imposible definir características disponibles.

A. 11. 10. 15. Televisor

El televisor es el implemento final con que da la señal del cable. Al igual que en el caso del VCR, por la gran variedad de marcas y modelos, es imposible definir características.

Las regulaciones gubernamentales proveen ciertas mínimas especificaciones para los VCR y televisores, como ser:

Nivel de portadora de entrada de TV 0 á +14 dBmV.

Nivel de portadora adyacente en 3 dB.

Máxima diferencia entre niveles de portadoras en banda de 90 MHz, de 8 dB.

Nivel de audio relativo a video -13 dB á -17 dB.

Nivel de portadora FM -14 á +4 dBmV.

Mínimo CNR 36 dB.

Relación portadora hum 34 dB mínimo.

Relación de modulación cruzada 48 dB mínimo.

Relación de portadora a batido 58 dB mínimo.

Relación portadora a batido compuesto 53 dB mínimo.

Tasa de eco en un canal de TV 7 % máximo.

Respuesta de frecuencia ± 1 dB dentro de 6 MHz de un canal de TV.

Retardo cromático ± 150 nanosegundo.

A. 11. 10. 16. Elementos de redes

Los cables constituyentes de una red se han mostrado en el capítulo 17 y anteriores, así como los elementos de soporte.

Se muestra aquí un amplificador tipo, que contiene un módulo amplificador, un amplificador de retorno, una fuente de poder de corriente continua, para montar en una línea distribuidora ((Fig. 33).

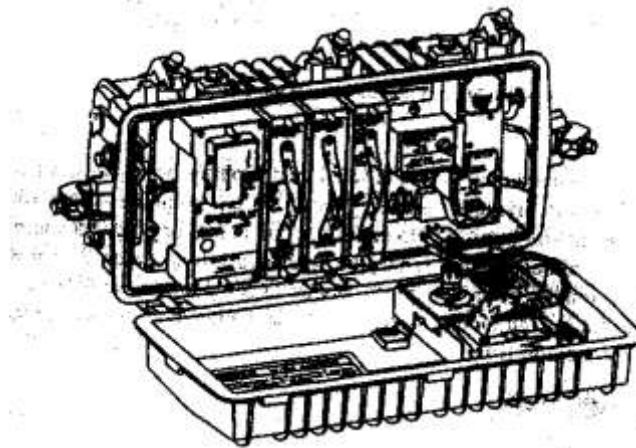


Fig. 33 - Amplificador para montar en línea troncal

En la figura podemos apreciar un módulo amplificador, extraído de la caja de amplificador de línea troncal, mostrando un atenuador y ecualizador (Fig. 34).

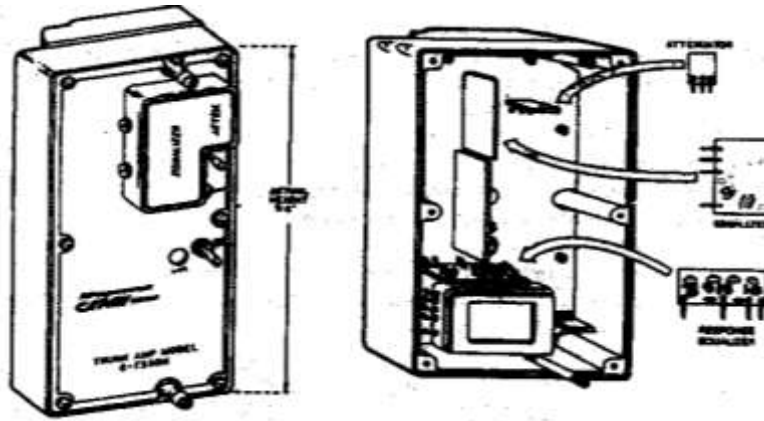


Fig. 34 - Módulo amplificador con atenuador y ecualizador

Un acoplador direccional divide la señal en dos partes desiguales, mientras que un divisor (splitter) la divide en partes iguales. Un tap combina ambas funciones, primero como acoplador permitiendo continuar con la mayor potencia sobre la línea y derivando a los abonados una señal que será luego dividida en 2, 4 u 8 partes, una para cada abonado.

Cada vez que se divide la señal en dos se obtiene la mitad de la potencia. En la figura se muestra un tap de 4 vías, con detalles en corte del mecanismo de conexión (Fig. 35).

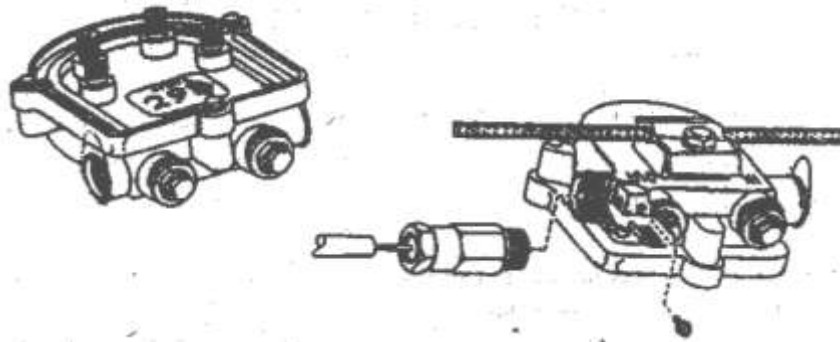


Fig. 35 - Tap de 4 vías

---ooo0ooo---