

SISTEMAS AVANZADOS DE COMUNICACIONES

REDES DE CABLE



Sergio Díaz Ruiz
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
Universidad de Sevilla

Indice

1. INTRODUCCIÓN	5
2. SERVICIOS OFRECIDOS POR UNA RED DE CABLE	7
3. TOPOLOGÍA DE UNA RED DE CABLE.....	8
3.1. RED TRONCAL PRIMARIA	8
3.2. RED SECUNDARIA O DE DISTRIBUCIÓN	9
3.3. RED Terciaria o de dispersión.....	10
3.4. RED DE DISTRIBUCIÓN DE COAXIAL.....	10
3.5. RED DE ACOMETIDA DE ABONADO.....	11
4. PUNTOS SINGULARES DE LA RED	12
4.1. CABECERA.....	12
4.1.1. Sistema de recepción y transmisión analógica.....	12
4.1.2. Sistema de recepción y transmisión analógica de reserva	14
4.1.3. Sistema de monitorización.....	15
4.1.4. Sistema de transmisión óptica del camino descendente.....	15
4.1.5. Sistema de recepción óptica del camino ascendente	15
4.2. NODO PRIMARIO.....	17
4.2.1. Canal descendente	17
4.2.2. Canal ascendente	18
4.3. NODO SECUNDARIO.....	20
4.4. NODO ÓPTICO TERMINAL	21
4.4.1. Canal descendente	21
4.4.2. Canal ascendente.....	22
4.5. Terminal direccionable de abonado	23
5. SUBREDES DE TELEFONÍA Y DATOS	25
5.1. SUBRED DE DATOS.....	25
5.1.1. Servicios ofrecidos.....	25
5.1.2. Estructura	25
5.2. RED DE TELEFONÍA.....	29
5.2.1. Servicios ofrecidos.....	29
5.2.2. Estructura	29
5.2.2.1. Centro de conmutación	29
5.2.2.2. Red de acceso mediante telefonía integrada.....	30
5.2.2.3. Red de acceso mediante telefonía superpuesta	31
5.2.2.4. Cableado de viviendas	32
6. GESTIÓN DE UNA RED DE CABLE.....	33
6.1. GESTIÓN DE LA RED HFC.....	33
6.1.1. Hardware.....	34
6.1.2. Software	36
A. BIBLIOGRAFÍA.....	40

Indice de figuras

FIGURA 1. TOPOLOGÍA DE UNA RED DE CABLE.	8
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN FÍSICA EN ANILLO.	9
FIGURA 3. ARQUITECTURA LÓGICA EN ESTRELLA.	9
FIGURA 4. ESQUEMA DE LA CABECERA DE RED.	13
FIGURA 5. SISTEMA DE TRANSMISIÓN ÓPTICA DE LA CABECERA.	16
FIGURA 6. SISTEMA DE RECEPCIÓN ÓPTICA DE LA CABECERA.	16
FIGURA 7. CANAL DESCENDENTE DE UN NODO PRIMARIO.	17
FIGURA 8. CANAL ASCENDENTE DE UN NODO PRIMARIO.	19
FIGURA 9. NODO SECUNDARIO.	20
FIGURA 10. CANAL DESCENDENTE DE UN NODO ÓPTICO TERMINAL.	21
FIGURA 11. CANAL ASCENDENTE DE UN NODO ÓPTICO TERMINAL.	22
FIGURA 12. CONEXIÓN DEL SET -TOP DE ABONADO A LA RED.	23
FIGURA 13. NODO ÓPTICO.	24
FIGURA 14. SPLITTERS.	24
FIGURA 15. TAPS.	24
FIGURA 16. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA RED DE DATOS.	26
FIGURA 17. CABECERA DE MÓDEMS DE CABLE.	27
FIGURA 18. MÓDEMS DE CABLE.	28
FIGURA 19. CENTRO DE CONMUTACIÓN DE LA RED DE TELEFONÍA.	30
FIGURA 20. RED DE ACCESO MEDIANTE TELEFONÍA INTEGRADA.	31
FIGURA 21. RED DE ACCESO MEDIANTE TELEFONÍA SUPERPUESTA.	32
FIGURA 22. MONITORIZACIÓN DE LA CABECERA DE RED MEDIANTE <i>CHEETAH NET</i>	34
FIGURA 23. MONITORIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CAMPO MEDIANTE <i>CHEETAH NET</i>	36
FIGURA 24. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA <i>CHEETAH NET</i>	37
FIGURA 25. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS EQUIPOS DE RED Y LISTADO DE ALARMAS DETECTADAS EN UNA APLICACIÓN DE GESTIÓN DE RED.	38
FIGURA 26. VISUALIZACIÓN DE MEDIDAS TOMADAS POR <i>TRANSPONDERS</i> EN TIEMPO REAL.	38
FIGURA 27. ESPECTRO DE LA SEÑAL MEDIDO REMOTAMENTE POR UN ANALIZADOR INSTALADO EN CAMPO.	39

Indice de tablas

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN EN FRECUENCIA DE LOS DISTINTOS SERVICIOS ACTUALES DE UNA RED DE CABLE.. 7
TABLA 2. DOMINIOS DE GESTIÓN EN UNA RED DE CABLE.33

1. Introducción

Las primeras redes de cable se desarrollaron a finales de los años 40, con el objetivo de posibilitar la distribución de la señal de televisión en las pequeñas ciudades asentadas en los valles de las montañas de Pennsylvania, EEUU. En esta zona, la configuración geográfica hacía imposible la recepción de la señal emitida desde la estación más próxima, situada en Philadelphia. John Walson, propietario de un almacén de ventas de aparatos de televisión, tenía dificultades en la venta de estos equipos debido a las complicaciones en la recepción. La señal de televisión no podía atravesar las montañas, aunque la recepción sí era posible en las crestas de las mismas. De este modo, Mr. Walson dispuso una antena al final de un poste y lo instaló en lo alto de una montaña cercana. La señal recibida era transportada mediante un cable de pares hacia el almacén de Mr. Walson, donde expuso sus televisores - esta vez con imágenes. Las ventas se dispararon, y Mr. Walson se hizo responsable de distribuir la señal hasta los domicilios de los compradores, con la máxima calidad posible. Para ello, tuvo que desarrollar sus propios amplificadores de señal. Este fue el nacimiento de la *Community Antenna TeleVision* o CATV, posteriormente renombrada a *Cable TeleVision*. Más tarde, Milton J. Shapp aplicó el mismo principio a nivel de edificios individuales, evitando así la acumulación de antenas particulares en los tejados de los edificios. Mr. Shapp fue el primero en usar cables coaxiales para tal fin.

Tras su nacimiento, las redes CATV se popularizaron y extendieron por EEUU. En 1972, *Service Electric* ofreció el primer servicio de televisión de pago (*Pay TV*), denominado *Home Box Office* o HBO, a través de su sistema de cable. Aunque en la primera noche de emisión de HBO sólo fue visto por unos pocos cientos de personas, su crecimiento fue espectacular, y se convirtió en el servicio de cable con mayor difusión, superando los 11.5 millones de espectadores. En parte ello se debió a que sus propietarios, *Time, Inc.*, decidieron distribuir la señal vía satélite, en lo que también fueron pioneros. Actualmente se estima que, tan sólo en EEUU, el número de suscripciones a servicios de TV por cable alcanza los 60 millones.

Las redes CATV actuales suelen transportar la señal mediante fibra óptica, para cubrir distancias relativamente largas, y coaxial, para la distribución en las proximidades. Se trata de una red híbrida de fibra y coaxial, habitualmente referida como HFC (*Hybrid Fiber/Coax*). El uso de fibra óptica en la troncal de las redes de cable ha permitido, gracias a su capacidad de transmisión, la incorporación de servicios interactivos. Estos servicios, en particular, telefonía, datos e Internet, y vídeo a la carta (VOD, *Video On Demand*), requieren que la red permita la comunicación en ambos sentidos.

En España, la implantación de las redes de cable ha llegado con varias décadas de retraso respecto de EEUU. Actualmente existen múltiples operadores de cable, con un ámbito típico de una comunidad autónoma: *Supercable* (Andalucía), *Madritel* (Madrid), *Menta* (Cataluña), *Retecal* (Castilla-León), *Telecable* (Asturias), *Canarias Telecom* (Canarias), *Grupo Gallego Cable* (Galicia), *Able* (Aragón), *Reterioja* (La Rioja), *Retena* (Navarra), *Euskatel* (País Vasco), *Ono* (Valencia, Madrid, Cantabria, Murcia, Huelva, Cádiz, Albacete).

Las redes de cable son de ámbito metropolitano, contemplando posibles extensiones a nivel provincial. Las redes metropolitanas de un mismo operador están conectadas entre sí, y con las redes de otros operadores. Las redes de cable actuales suelen presentar las siguientes características:

- **Servicios integrados:** TV, VOD, datos y telefonía.
- **Capacidad:** las redes suelen estar dimensionadas para dar servicio al 100% de los hogares y comercios de la demarcación. Sin embargo, teniendo en cuenta que no se alcanzará el 100%, quedarán conexiones libres para reforzar el servicio a comercios y oficinas.
- **Redundancia:** trata de garantizar la fiabilidad en la transmisión de señales.
 - Redundancia *en la ruta de conexión:* la red de fibra óptica dispone de fibras de respaldo, que posibilitan la provisión de servicio en el caso de que ocurra algún incidente en la infraestructura de la red principal.
 - Redundancia *en el equipamiento:* todos los transmisores y receptores ópticos están duplicados.

2. Servicios ofrecidos por una red de cable

Los servicios que ofrece una red de cable moderna suelen incluir los siguientes:

- canales TV terrestres, satélite y producción propia: habitualmente en diferentes opciones de contratación, que implican distintos canales y precios.
- vídeo a la carta (VOD): selección de películas de entre las ofrecidas.
- datos e Internet mediante módems de cable.
- telefonía básica y RDSI, con opción de acceso a Internet.
- alquiler de líneas y fibras: de interés para comercios y oficinas que necesitan de líneas dedicadas, tanto de telefonía como de datos.

En general, estos servicios requieren de una transmisión bidireccional por la red. La transmisión de señal hacia el abonado se dice que se lleva a cabo mediante el *canal descendente* o *directo*, mientras que las que parten del abonado se realizan a través del *canal ascendente* o *de retorno*.

En última instancia, las señales llegan a los abonados mediante coaxial, transmitidas en radiofrecuencia (RF). El espectro de la señal transmitida se divide en diferentes segmentos, transportando cada uno de ellos la información relativa a uno de los servicios prestados. En España, el plan de frecuencias definido para una red de cable debe seguir la normativa del *Reglamento Técnico y de Prestación del Servicio de Telecomunicaciones por Cable (RTPSTC)*. El canal directo ofrece los servicios de TV analógica y digital, telefonía y datos, y cubre el rango de 86..862 MHz. El canal de retorno, que permite la prestación de servicios interactivos, telefonía, datos y contratación instantánea de servicios PPV (*Pay Per View*, Pago Por Visión), y corresponde al rango 5..65 MHz. Es de destacar que la información de gestión de los equipos circula por el cable junto con el resto de servicios, tanto en el sentido directo como en el retorno. La tabla 1 muestra la distribución en frecuencia de los distintos servicios de la red de una red típica de cable.

Descendente (MHz)	Servicio	Capacidad total
86-128	Audio digital	145 Canales
	Gestión de equipos	1 Canal
	Gestión terminal de abonado	1 Canal
128-568	Canales de TV analógica	55 Canales (8 MHz/canal)
568-606	Telefonía	240 líneas / zona 500 hogares (6 MHz)
	Datos	30Mbps / zona 500 hogares (6 MHz)
606-862	Canales de TV digital DVB-C	197 Canales de 4Mbps
Ascendente (MHz)	Servicio	Capacidad total
5-8.3	Sin servicio	-
8.3-65	Telefonía	240 líneas / zona 500 hogares (6 MHz)
	Datos	2,56Mbps / zona 500 hogares (1,8 MHz)
	Retorno terminal de abonado	1 Canal
	Gestión de equipos	1 Canal

Tabla 1. Distribución en frecuencia de los distintos servicios actuales de una red de cable.

3. Topología de una red de cable

En los apartados siguientes se estudian las diferentes redes en las que se subdivide una red típica de cable basada en tecnología HFC, así como los puntos singulares que la componen. La figura 1 muestra la topología de la red de una red de cable y sirve como punto de partida para describir cada uno de los apartados que siguen a continuación.

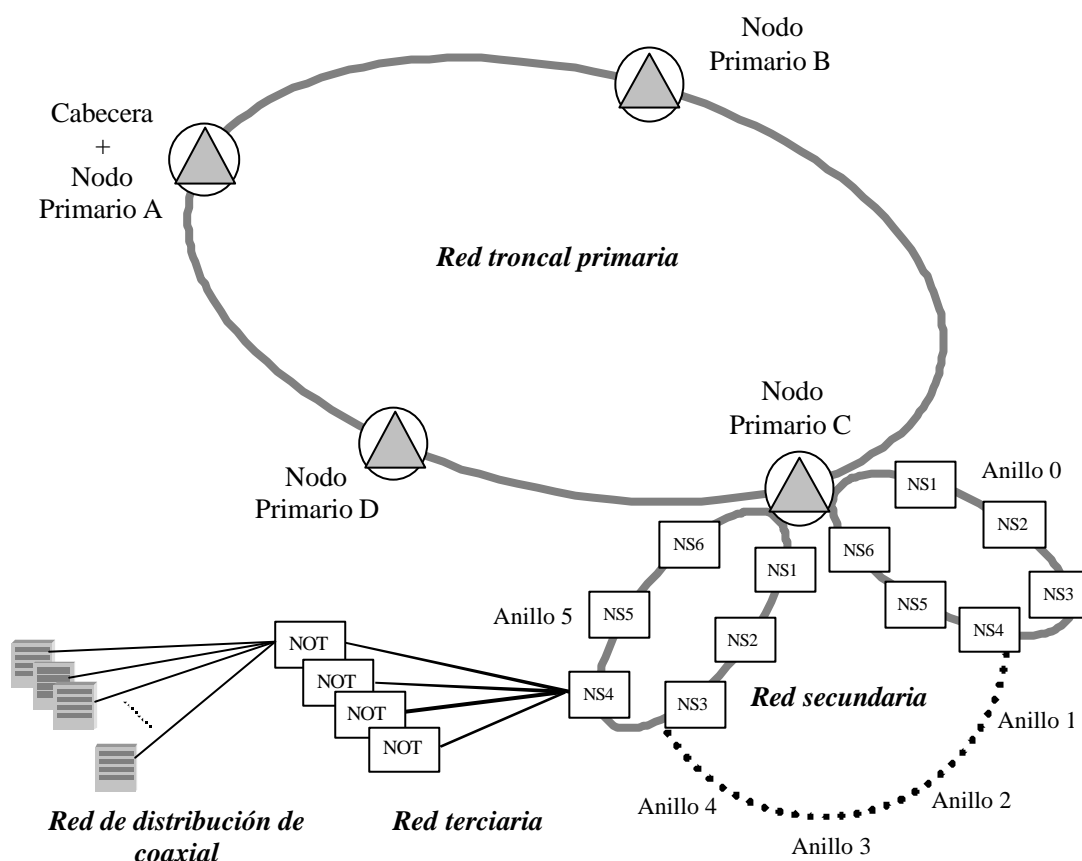


Figura 1. Topología de una red de cable.

3.1. Red troncal primaria

La red troncal primaria está constituida por un anillo geográfico con arquitectura de estrella, constituido por 128 fibras ópticas¹ que comunican la cabecera (responsable del

¹ No todas las fibras están en uso. Algunas han sido reservadas para futuras ampliaciones.

aprovisionamiento de los distintos servicios, apartado 4.1) con los nodos primarios, que distan de ella varios kilómetros. La excepción la constituye el nodo primario A, que se encuentra situado físicamente junto con la cabecera y por ello no necesita de tal conexión. Véanse las figuras 1, 2 y 3.

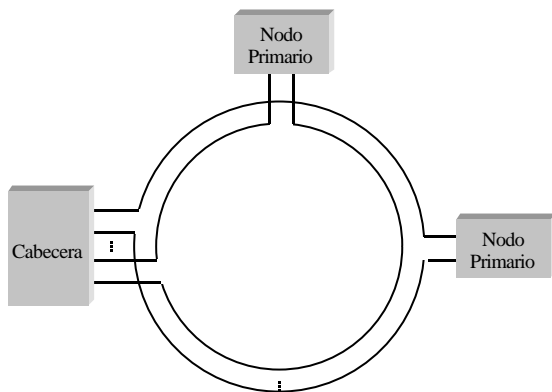


Figura 2. Distribución física en anillo.

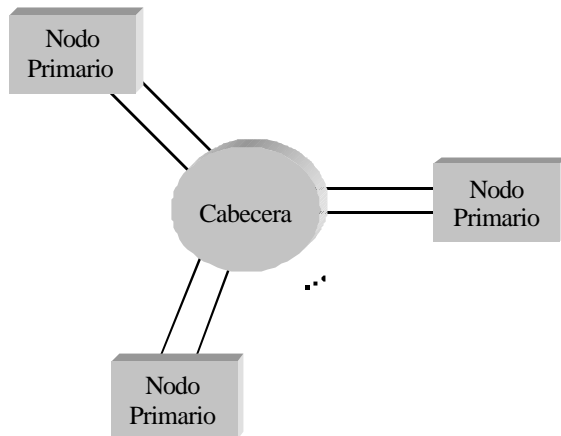


Figura 3. Arquitectura lógica en estrella.

La configuración de anillo geográfico cerrado permite dar redundancia en ruta y fibras a toda la red, ya que si, por algún motivo, ocurriese un corte en el tránsito de las señales a través de la red, es posible dar servicio mediante el camino de respaldo. Por cada ruta se instala un transmisor óptico, de forma que habrá un transmisor para el camino directo y otro para el camino de respaldo. El respaldo es activo, lo cual significa que ambos transmisores están trabajando simultáneamente, y es en cada nodo primario (apartado 4.2) donde se escoge una de las dos señales, en función de su calidad. Para el camino de retorno o ascendente, se tiene una configuración análoga, pero en este caso, se trata de receptores ópticos que reciben las señales desde los nodos terminales. Los receptores también están duplicados, garantizando el servicio por una de las dos rutas alternativas, en función de la calidad de la señal recibida por cada una de ellas.

3.2. Red secundaria o de distribución

La red secundaria o de distribución conecta un nodo primario con varios nodos secundarios a través de anillos con arquitectura en estrella, constituidos por 128 fibras ópticas², formando *lóbulos* que cubren 12000 hogares aproximadamente, con redundancia en equipamientos y rutas.

Cada lóbulo interconecta 6 (a veces, 5) nodos secundarios (NS_n en la figura 1), cada uno de ellos dando servicio a unos 2000 hogares.

² No todas las fibras están en uso. Algunas han sido reservadas para futuras ampliaciones.

El servicio de telefonía a veces no es proporcionado mediante la red HFC –*telefonía integrada*–, sino que hace uso de una red paralela de tipo SDH –*telefonía superpuesta*. Cada uno de los lóbulos de la red secundaria tiene un lóbulo paralelo SDH que interconecta dos centros remotos. Cada lóbulo SDH da servicio de telefonía superpuesta a unos 12000 hogares, que se dividen en dos zonas de 6000, cada una de ellas cubierta por un centro remoto.

3.3. Red terciaria o de dispersión

La red terciaria o de dispersión se encarga de conectar cada nodo secundario con cada uno de los cuatro nodos ópticos terminales (NOT en la figura 1) que dependen de él. Cada nodo óptico terminal cubre un área de 500 hogares cada uno, aunque la tendencia es a reducir esta cifra con vistas a mejorar la calidad del servicio. La red de dispersión presenta una disposición en estrella sin redundancia en ruta, realizada con cables de 8 fibras ópticas monomodo, con la siguiente distribución:

- 2 fibras para el camino descendente: 1 para el camino principal y 1 para el de respaldo.
- 2 fibras para el camino ascendente: 1 para el camino principal y 1 para el de respaldo.
- 4 fibras de reserva para posibles migraciones hacia una topología con nodos terminales de 125 hogares (en lugar de 500).

En el nodo secundario se realiza la interconexión física de las fibras provenientes del nodo primario (a través de la red secundaria) con las fibras que van hacia los nodos terminales (y que componen la red terciaria).

La ubicación física de un nodo secundario suele coincidir con la de uno de los cuatro nodos terminales que dependen de él.

3.4. Red de distribución de coaxial

La red de distribución de coaxial es la encargada de distribuir las señales desde el nodo óptico terminal hasta cada punto de derivación en los edificios a los que da servicio. La distribución se realiza con estructura en árbol, de forma que cada nodo óptico terminal da lugar a 4 ramas de 125 hogares aproximadamente cada una. Los nodos ópticos terminales se ubican físicamente en armarios de intemperie.

En el nodo óptico terminal se realiza la conversión óptico-eléctrica de las señales transportadas en el sentido descendente. Una vez obtenida la señal en RF, se envía a los amplificadores que proporcionan señal a cada una de las cuatro ramas de coaxial que parten del nodo óptico. Cada rama de coaxial alimenta (si es necesario, mediante amplificadores) a una red de derivadores o *taps*, cuyas salidas están conectadas a las acometidas individuales de abonado, que se realizan sobre el edificio. La distribución de coaxiales se realiza en parte canalizada y en parte sobre fachada (con los pertinentes permisos de los propietarios).

La alimentación de los nodos ópticos terminales y de los amplificadores de la red de distribución de coaxial se realiza mediante fuentes de alimentación de 60 V, albergadas en armarios de intemperie que se emplazan junto a los de los nodos ópticos terminales. La alimentación se hace a través del mismo coaxial.

Para el camino de retorno se utiliza la misma infraestructura de red, equipando adecuadamente a los amplificadores. Las señales de retorno llegan a cada nodo óptico terminal a través de las 4 ramas de 125 hogares, donde son combinadas y enviadas hacia el nodo primario mediante un transmisor óptico.

3.5. Red de acometida de abonado

La red de acometida de abonado conecta la red de distribución de coaxial con el punto de terminación de red, es decir, está formada por aquellos segmentos de coaxial que parten desde el(los) *tap*(s) situados en el edificio y llegan hasta el domicilio del abonado. Existen dos arquitecturas:

- *Estrella*: un mismo *tap* da servicio a todas las viviendas de las diferentes plantas de un edificio. A cada una de ellas le llega un cable coaxial diferente.
- *Árbol*: se utiliza cuando existen muchas viviendas por planta. Se coloca un *tap* en cada planta, del que parten los coaxiales que dan servicio a los abonados de esa planta. En ocasiones, un mismo *tap* da servicio a más de una planta.

La red de acometida de abonado puede ser dividida en dos partes:

- Precableado de edificio o *verticales*: se instalan con los pertinentes permisos de las comunidades de propietarios y su ubicación puede ser tanto por fachada exterior o por interior como por infraestructuras interiores ya existentes en el edificio. Para el caso de arquitectura en estrella, se instala un mazo de coaxiales con pares adosados, que por un lado están conectados al *tap*, y por otro, quedan adosados a la vertical hasta el momento de realizar la conexión. En el caso de arquitectura en árbol, la vertical es la que interconecta la red de *taps*. Cada derivador provee a una o más plantas, según las condiciones de cada edificio.
- Cableado de vivienda: se instala cuando se realice el alta de abonado, mediante el cable correspondiente que estará situado en la vertical, en el caso de arquitectura en estrella, o mediante conexión directa al puerto del *tap*, en el caso de arquitectura en árbol.

4. Puntos singulares de la red

4.1. Cabecera

La cabecera de red (*head-end*) está equipada para la prestación del servicio de difusión de televisión. Se puede descomponer en cuatro grandes bloques: recepción y transmisión analógica, sistema de reserva, sistema de monitorización y sistema de transmisión óptica.

- Sistema de recepción y transmisión analógica
 - Antenas de recepción.
 - Equipos de recepción
 - Equipamiento en banda base
 - Etapa de codificación
 - Etapa de modulación y salida
- Sistema de recepción y transmisión analógica de reserva
 - Antenas de recepción
 - Equipos de recepción
 - Etapa de modulación
- Sistema de monitorización
- Sistema de transmisión óptica

4.1.1. Sistema de recepción y transmisión analógica

La figura 4 muestra un diagrama esquemático del sistema de recepción y transmisión analógica, incluyendo el equipamiento de reserva y el de monitorización.

1. Antenas de recepción

Recepción de canales satélite. Para la recepción de los canales satélite se instalan varias antenas parabólicas.

Recepción de canales terrestres. Para la recepción de cada uno de los canales terrestres se instala una antena profesional, cubriendo cadenas de difusión nacional y local.

2. Equipos de recepción

Receptores de TV satélite. Los receptores de satélite incluyen un sistema de monitorización de la calidad de la señal recibida del satélite, haciendo una medida continua del nivel recibido y de la relación señal/ruido. Otra característica de los receptores de satélite es el modo tiempo compartido, que permite utilizar un simple receptor para conmutar entre dos o más canales, útil en el caso de que algunos programas no sean transmitidos 24 horas al día. Las señales de salida de los receptores, en banda base, pasan a la matriz de conmutación.

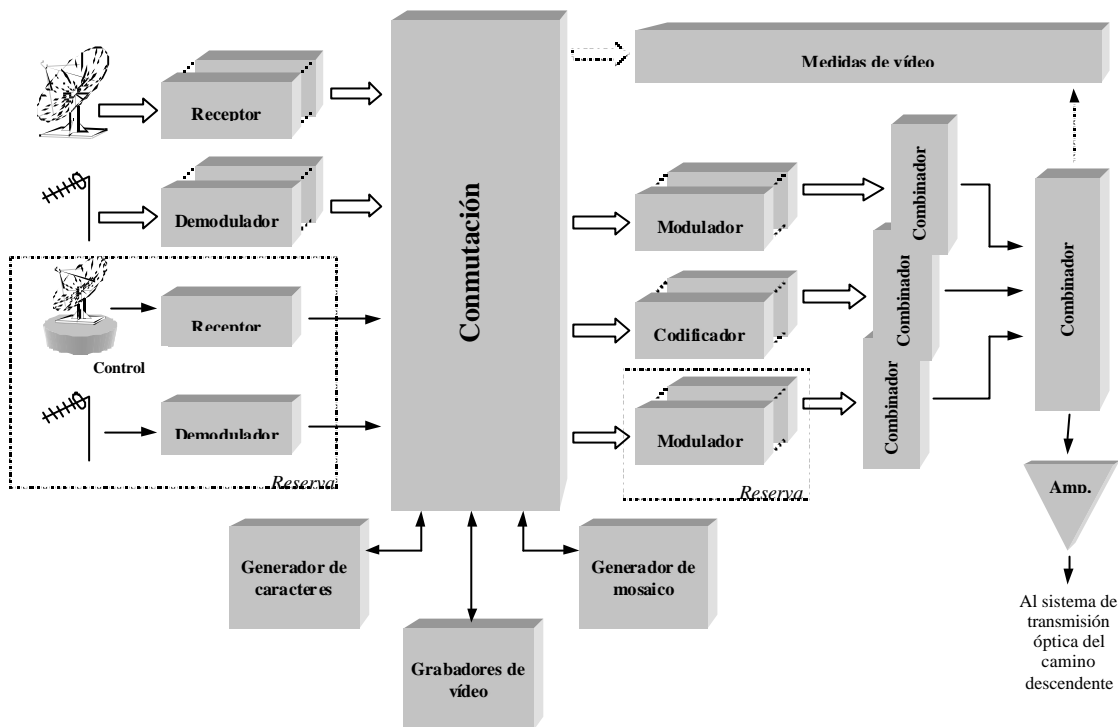


Figura 4. Esquema de la cabecera de red.

Demoduladores de TV de canales terrestres. Se encargan de la recepción de la señal de RF y su paso a banda base. Se instalan unidades de decodificación NICAM para los canales estéreo o modo duales. Las señales de salida de los demoduladores de TV de canales terrestres, en banda base, pasan a la matriz de conmutación.

3. Equipamiento en banda base.

Matriz de conmutación. Dispone de múltiples entradas y salidas, de forma que cualquiera de los canales conectados a sus entradas puede ser dirigido a cualquiera de las salidas. Las salidas de la matriz están conectadas a:

- A la entrada principal de cada modulador (principal/reserva) o codificador.
- Al monitor de vídeo y de sonido. Se puede seleccionar cualquiera de las entradas de vídeo y audio estéreo, para pasarlas en el monitor. Es posible ver un canal y escuchar otro distinto.
- Al grabador de vídeo, cuya salida está conectada a la matriz, de forma que es posible grabar un programa de audio/vídeo y luego reemitirlo.
- Al generador de caracteres, cuya salida está conectada a la matriz, permitiendo añadir texto o gráficos a una señal de vídeo.
- A la pantalla central del generador de canal mosaico, cuya salida está conectada a la matriz.
- A la entrada auxiliar de los moduladores. Esto permite que, cuando se produzca una degradación en la entrada principal del modulador, éste pueda conmutar a la entrada auxiliar, y seguir trabajando.

Al equipo de medida de vídeo. Cualquiera de las señales de vídeo puede ser usada para medición.

Generador de canal mosaico. Genera un canal de TV en el que se presentan simultáneamente las señales de TV de que llegan a sus entradas, formando una cuadrícula o mosaico en la pantalla. La salida del generador vuelve a la matriz de conmutación.

Generador de caracteres. Permiten incluir texto y gráficos en una fuente de vídeo. La salida principal del generador vuelve a la matriz de conmutación para que siga la ruta adecuada hacia la etapa de modulación.

4. Etapa de codificación.

Codificadores o scramblers. Se instalan codificadores para los canales de pago. Se encargan de generar la información que se transmite a los *set-top* o terminales de abonado (que se ubican en el domicilio del mismo) para que puedan decodificar los canales que haya contratado el abonado. Las salidas de los *scramblers* están moduladas (en RF) y por ello se dirigen directamente hacia los combinadores de la etapa de modulación y salida.

5. Etapa de modulación y de salida.

Moduladores. Los moduladores están configurados de manera que cada salida esté en la frecuencia solicitada, para que puedan ser combinadas todas ellas. Los moduladores pueden ser monitorizados y controlados remotamente. La salida de los moduladores se dirige hacia la etapa de combinación final.

Combinadores. Están conectados a la salida de los moduladores y *scramblers*, formando varias etapas. La salida final, en RF, se dirige hacia el amplificador.

Amplificador. Proporciona el nivel de señal necesario a la etapa de divisores (*splitters*) que alimentan a los transmisores ópticos, conectados a la red troncal primaria.

4.1.2. Sistema de recepción y transmisión analógica de reserva

1. Antenas de recepción.

Recepción de canales satélite. Para la recepción de canales satélite se usa una antena parabólica orientable. Incluye un sistema de control que realiza el alineamiento con el satélite cuya recepción esté causando algún problema en las antenas fijas.

Recepción de canales terrestres. Para la recepción de canales terrestres se instala una antena profesional de reserva.

2. Equipos de recepción

Receptores de TV satélite. Se instalan receptores de reserva idénticos a los ya descritos. Se utiliza una unidad de conmutación que permite la selección de una de las entradas de satélite para introducirla en el receptor.

Demoduladores de TV de canales terrestres. Se instalan demoduladores de reserva idénticos a los ya descritos.

3. Etapa de modulación.

Moduladores. Se instalan moduladores ágiles para reserva. Sus características son las ya comentadas para este tipo de dispositivos, pero además permiten una sintonización dinámica, es decir, pueden acomodarse a la frecuencia de salida deseada.

4.1.3. Sistema de monitorización

Monitor de vídeo y audio. Se instala un equipo monitor profesional de vídeo y audio para el control visual de los canales. Utilizando la matriz de conmutación, cualquier canal puede ser conmutado al monitor.

Monitor de salida de RF. Se instala una unidad de monitorización del nivel de RF en la salida de los combinadores, para medir la calidad de la señal.

4.1.4. Sistema de transmisión óptica del camino descendente

Splitters. Se encargan de repartir la señal combinada RF de la cabecera, tras la etapa de amplificación, a los diferentes transmisores ópticos del camino descendente.

Transmisores ópticos del camino descendente. Para la transmisión de la señal en la red troncal primaria se instalan dos transmisores ópticos por cada nodo primario, uno para el camino directo, y otro para el camino de reserva. En la figura 5 se muestra esquemáticamente la disposición de los mismos. Nótese que los transmisores de reserva se han dibujado usando un trazo más fino. La batería de transmisores es alimentada por una batería de *splitters* de RF que dividen la señal combinada, obtenida a la salida del amplificador final del sistema de recepción y transmisión analógica. La salida de cada transmisor óptico se inyecta a una fibra óptica de la red troncal primaria, que enlaza con el nodo primario correspondiente. La excepción la constituye el nodo primario, que reside junto con la cabecera, el cual se alimenta directamente de la batería de *splitters*.

4.1.5. Sistema de recepción óptica del camino ascendente

Receptores ópticos del camino ascendente. Para la recepción óptica de la red troncal primaria se instalan dos receptores ópticos por cada nodo primario, uno para el camino directo y otro para el de respaldo, tal como se muestra en la figura 6. Nótese que los equipos de respaldo han sido dibujados usando un trazo más fino. De nuevo, el nodo primario ubicado junto a la cabecera es la excepción, en el cual no son necesarios los receptores y la señal se toma directamente de la salida de los combinadores de RF del nodo primario.

Combinador. Unifica todas las señales recibidas, generando una única señal resultante, que es dirigida hacia los sistemas de monitorización y de control de acceso.

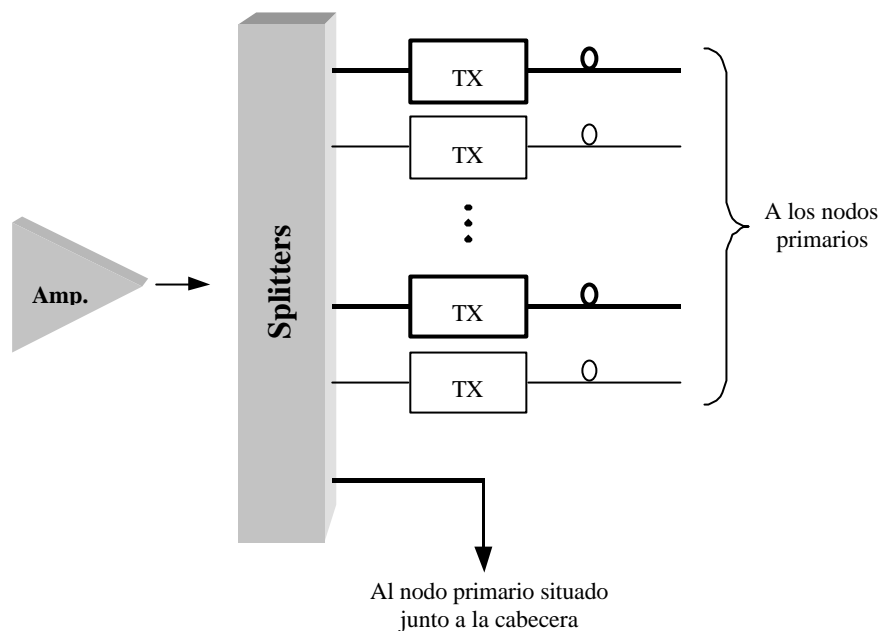


Figura 5. Sistema de transmisión óptica de la cabecera.

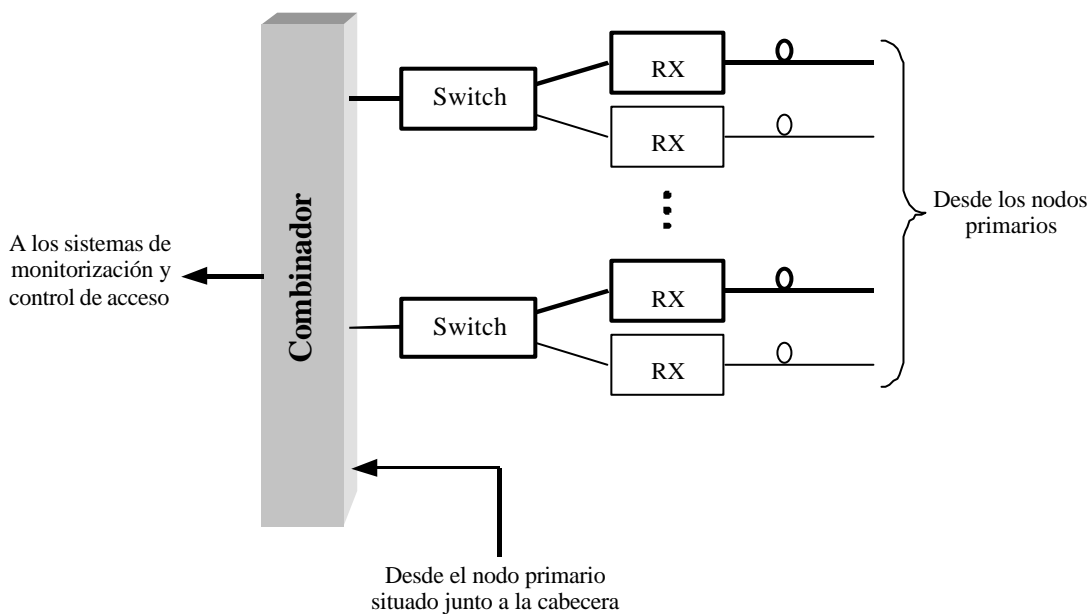


Figura 6. Sistema de recepción óptica de la cabecera.

4.2. Nodo primario

En el nodo primario se recibe la señal de la red troncal primaria proveniente de la cabecera de red, es decir, mediante el camino descendente, se realiza la conversión óptico-eléctrica de la señal, se amplifica y, finalmente, se realiza la conversión eléctrico-óptica para la transmisión de la señal hacia cada nodo óptico terminal que dependa del nodo primario.

Para el camino ascendente, se realiza la conversión óptico-eléctrica de las señales de los caminos de retorno de los nodos ópticos terminales, se combinan mediante un elemento pasivo, y se realiza la conversión eléctrico-óptica para su transmisión, por la red troncal primaria, hacia la cabecera de red.

El nodo primario presenta dos módulos independientes: el módulo del camino descendente y el del camino ascendente. A continuación se describe con más detalle cada uno de ellos, aunque hay que tener en cuenta que lo sucesivo se aplica también al nodo primario ubicado con la cabecera si se eliminan las etapas de transmisores y receptores ópticos conectados a la red troncal.

4.2.1. Canal descendente

En la figura 7 se muestran los bloques que forman el camino descendente del nodo primario. Los distintos elementos que aparecen son comentados a continuación. Los equipos específicos del camino de respaldo han sido dibujados con un trazo más fino.

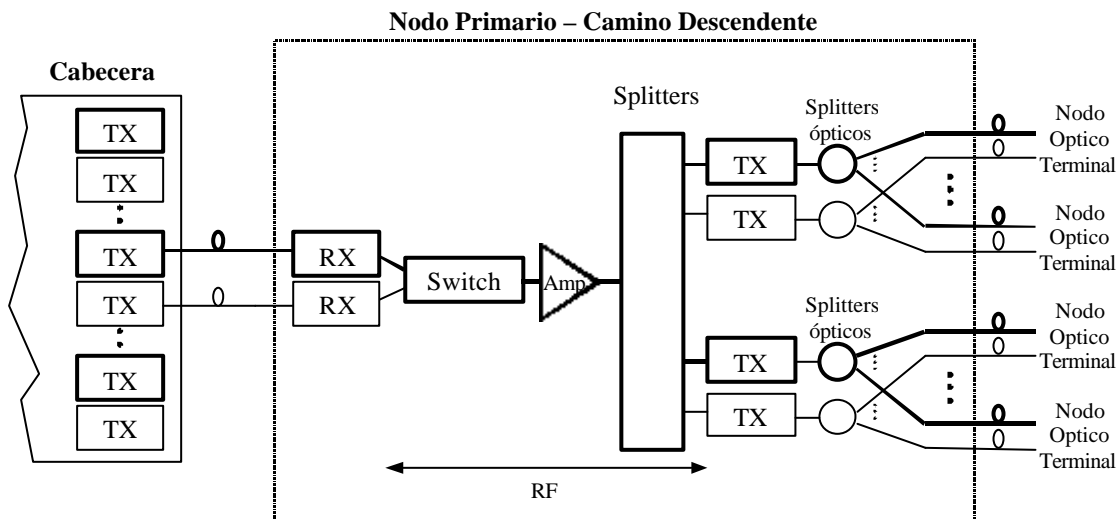


Figura 7. Canal descendente de un nodo primario.

1. Recepción óptica.

Receptores ópticos. Se instalan dos receptores ópticos en el nodo primario para realizar la conversión óptico-eléctrica de la señal que procede de la cabecera de red. Uno de ellos se encarga de la recepción mediante el camino principal, y el otro

mediante el de respaldo. La salida de RF de ambos receptores se conecta a un conmutador o *switch*.

Switch. Se encarga de seleccionar uno de los dos caminos (principal o respaldo) por los que se recibe la señal. Por defecto, el camino principal es el preferido, y sólo en el caso de una degradación o pérdida total de señal, se conmuta al de respaldo. Cuando la señal mediante el camino principal vuelva a los niveles óptimos, el *switch* retorna a su posición original. La salida en RF del *switch* se inyecta al amplificador.

2. Amplificación y reparto.

Amplificador RF. Se instala un amplificador de RF para proveer del nivel de señal adecuado de entrada a los transmisores ópticos que enlazan con los nodos ópticos terminales. La amplificación contrarresta a la atenuación producida en la fase de repartición de la señal eléctrica a los transmisores ópticos. La salida de RF del amplificador se inyecta a la batería de *splitters* de repartición.

Splitters. La batería de *splitters* permite conseguir el número de salidas necesarias, tantas como transmisores ópticos se necesiten para proveer de señal a los nodos ópticos terminales que dependen del nodo primario. Cada salida de RF alimenta a un transmisor óptico.

3. Transmisión óptica.

Transmisores ópticos. Cada transmisor óptico alimenta a varios nodos ópticos terminales, normalmente 8, 4 ó 2, en función de las pérdidas en cada enlace. Se instala una batería de transmisores para el camino principal y otra batería para el camino de respaldo. La salida de cada transmisor óptico se inyecta a un *splitter* óptico para la repartición de la señal a un grupo de 8, 4 ó 2 nodos ópticos terminales. Teniendo en cuenta que existen, por cada nodo primario, 144 nodos ópticos terminales³, son necesarios 18 transmisores ópticos (si cada *splitter* reparte la señal a 8 nodos ópticos).

Splitters ópticos. Los *splitters* hacen posible que una pareja de transmisores (uno del camino principal, y otro del camino de respaldo) alimenten de señal a varios nodos primarios. Se instala un *splitter* óptico (principal / reserva) por cada transmisor (principal / reserva). Cada par de fibras que parten de un *splitter* principal y su correspondiente *splitter* de respaldo alimentan de señal a un nodo óptico terminal (nótese que el camino ascendente necesitará de fibras adicionales).

4.2.2. Canal ascendente

La figura 8 muestra el diagrama de bloques que comprenden el camino ascendente del nodo primario. Los distintos elementos que aparecen son comentados a continuación. Los equipos específicos del camino de respaldo han sido dibujados con un trazo más fino.

³ $144 \text{ NOT/NP} = 4 \text{ NOT/NS} \times 6 \text{ NS/LOB} \times 6 \text{ LOB/NP}$, donde NP \equiv nodo primario, NS \equiv nodo secundario, LOB \equiv lóbulo de la red secundaria y NOT \equiv nodo óptico terminal.

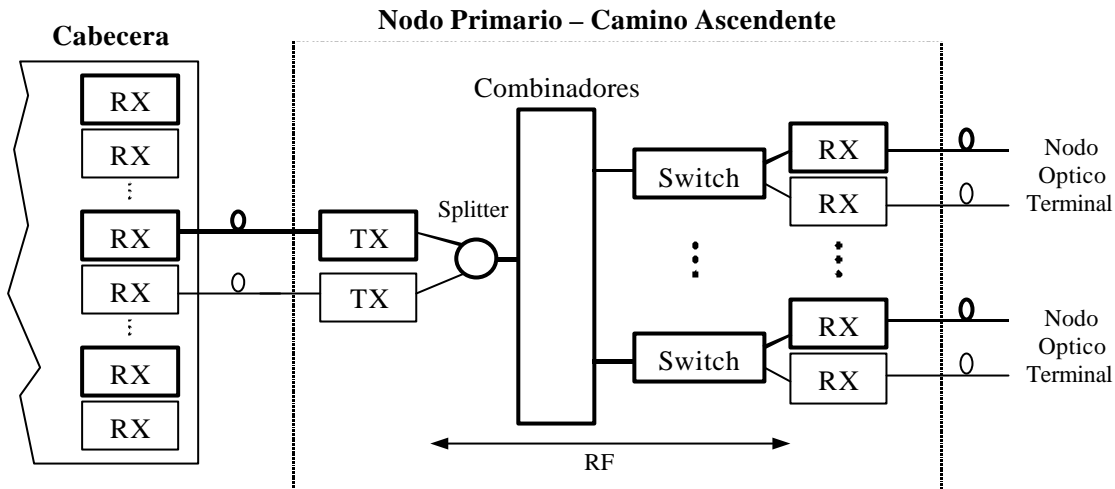


Figura 8. Canal ascendente de un nodo primario.

1. Recepción óptica.

Receptores ópticos. En el nodo primario hay dos receptores ópticos, por cada nodo óptico terminal, encargados de la conversión óptico-eléctrica de las señales del canal de retorno. Uno de ellos se encarga de la recepción del camino principal, y el otro, del camino de respaldo. La salida de RF de ambos receptores pasa a un *switch*.

Switches. Cada *switch* se encarga de seleccionar uno de los dos caminos a través de los que se reciben señales. La opción prioritaria es el camino principal, pero si la señal se degrada excesivamente o se pierde, el conmutador seleccionará la procedente del camino de respaldo. El *switch* vuelve a su posición inicial cuando la señal del camino principal retorna a valores óptimos. La salida de RF del *switch* se inyecta al combinador.

2. Combinación.

Combinadores. Los combinadores, dispuestos en cascada de forma que proporcionan una salida única y múltiples entradas, reciben las señales provenientes de los *switches*. La señal de salida se distribuye hacia los transmisores ópticos de retorno, que las envían hacia la cabecera.

3. Transmisión óptica.

Splitter. Divide la señal resultante de la fase de combinación, inyectando cada salida a un par de transmisores ópticos, uno principal y otro de respaldo.

Transmisores ópticos. Los transmisores ópticos realizan la conversión eléctrico-óptica de la señal combinada. Transmiten la señal hacia la cabecera mediante la red troncal primaria, utilizando un par de fibras (principal y respaldo). El nodo primario ubicado junto a la cabecera es la excepción, ya que no necesita de transmisores de retorno, pues no está conectado a la red troncal primaria, sino directamente a la cabecera.

4.3. Nodo secundario.

Los nodos secundarios consisten en una caja de empalmes de fibra óptica, que permiten encaminar las señales procedentes del nodo primario, mediante la red troncal secundaria, hacia los nodos ópticos terminales, a través de la red terciaria. Se ubican físicamente en una arqueta, habitualmente junto a uno de sus nodos ópticos terminales.

La figura 9 muestra el esquema de las conexiones que se realizan en un nodo secundario. Del nodo primario correspondiente parten 6 lóbulos, cada uno de ellos interconectando a 6 nodos secundarios. Cada uno de estos lóbulos está formado por 128 fibras, de las cuales 96 están activas, distribuidas en 6 anillos, cada uno interconectando el nodo primario con un nodo secundario. El resto son de reserva. Cada uno de los anillos tiene 16 fibras, 8 de las cuales conforman el camino principal, y las 8 restantes, el de respaldo. En estos grupos de 8 fibras pueden distinguirse 4 fibras para el canal descendente y otras tantas para el ascendente. Por tanto, ignorando las fibras de reserva de la red terciaria, a cada nodo óptico terminal (NOT) llegan 4 fibras:

- Fibra del canal descendente, camino principal
- Fibra del canal ascendente, camino principal
- Fibra del canal descendente, camino de respaldo
- Fibra del canal ascendente, camino de respaldo

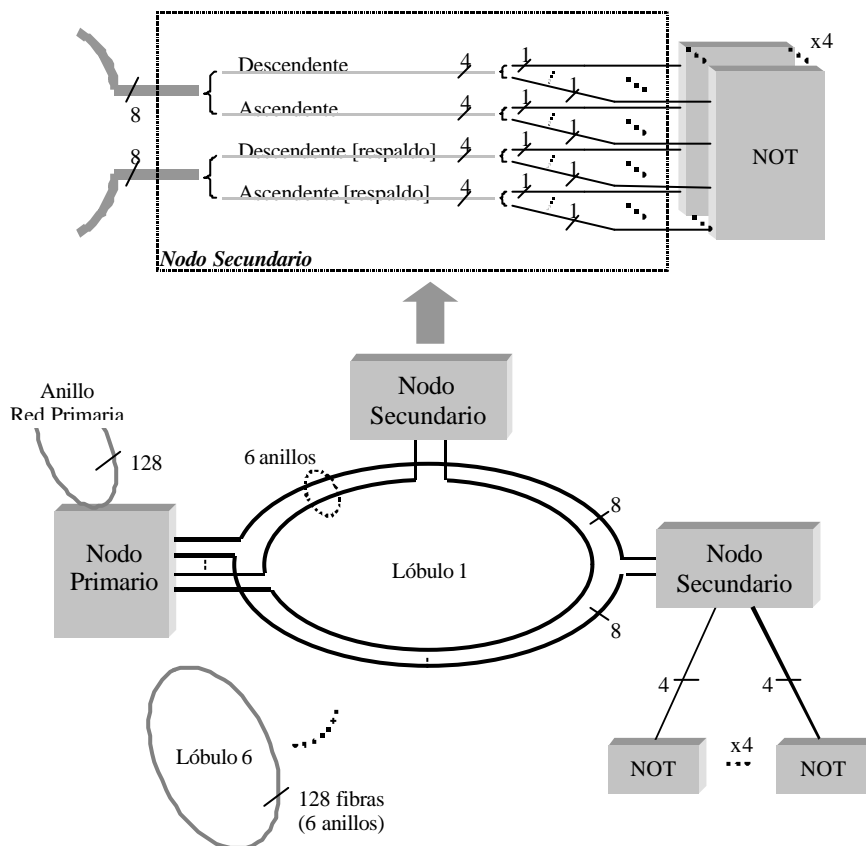


Figura 9. Nodo secundario.

4.4. Nodo óptico terminal

Los nodos ópticos terminales son los encargados de dar servicio a áreas de aproximadamente 500 hogares. Se ubican en armarios de intemperie, coincidiendo normalmente uno de los cuatro nodos ópticos terminales con la localización del nodo secundario del que depende.

En el nodo óptico terminal se recibe la señal del camino descendente, procedente del nodo primario, a través de las redes secundaria y terciaria, se realiza la conversión óptico-eléctrica, y la señal resultante es amplificada y reenviada mediante las cuatro ramas de la red de distribución de coaxial hacia los abonados.

Para el camino ascendente, se reciben las señales procedentes de los equipos de abonado, en el ancho de banda reservado a retorno, se combinan todas ellas y se realiza la conversión eléctrico-óptica para su remisión hacia el nodo primario.

La configuración del nodo óptico terminal se puede descomponer en dos grandes bloques: canal descendente y ascendente. La configuración es modular, integrada en un armario de intemperie. Ambos módulos son descritos en los apartados siguientes.

4.4.1. Canal descendente

La figura 10 muestra el diagrama de bloques del camino descendente del nodo óptico terminal. Los distintos elementos que aparecen son comentados a continuación. Los equipos específicos del camino de respaldo han sido dibujados con un trazo más fino.

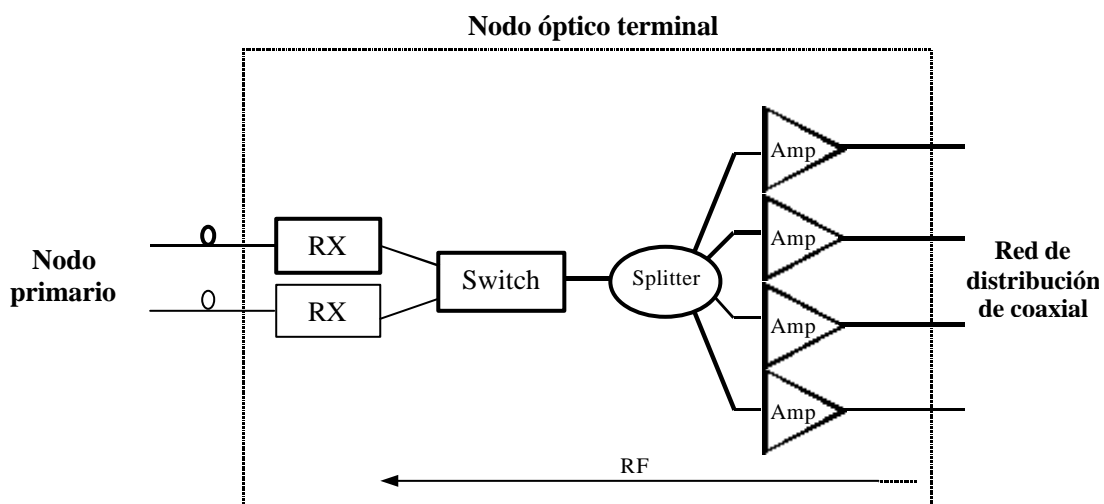


Figura 10. Canal descendente de un nodo óptico terminal.

1. Recepción óptica.

Receptores ópticos. Se instalan dos receptores ópticos en el nodo óptico terminal para realizar la conversión óptico-eléctrica de las señales procedentes del nodo

primario. Uno de ellos recibe a través del camino principal, y el otro, mediante el camino de respaldo. Las salidas de RF de ambos receptores se conectan a un *switch*.

Switch. Se encarga de seleccionar uno de los dos caminos (principal o respaldo) en función de la calidad de las señales recibidas. La opción prioritaria es la correspondiente al camino principal; si se produce una degradación excesiva o pérdida total de la señal, entonces el *switch* seleccionará el camino de respaldo. Cuando la señal del canal principal vuelva a presentar valores normales, el conmutador retornará a su posición original. La salida en RF del conmutador se inyecta en el amplificador.

2. Amplificación.

Amplificadores RF. Se encargan de proveer del nivel de señal adecuado a cada una de las cuatro salidas del nodo, que servirán para distribuir las señales de RF por la red de distribución de coaxial.

4.4.2. Canal ascendente

La figura 8 muestra el diagrama de bloques que comprenden el camino descendente del nodo óptico terminal. Los distintos elementos que aparecen son comentados a continuación. Los equipos específicos del camino de respaldo han sido dibujados con un trazo más fino.

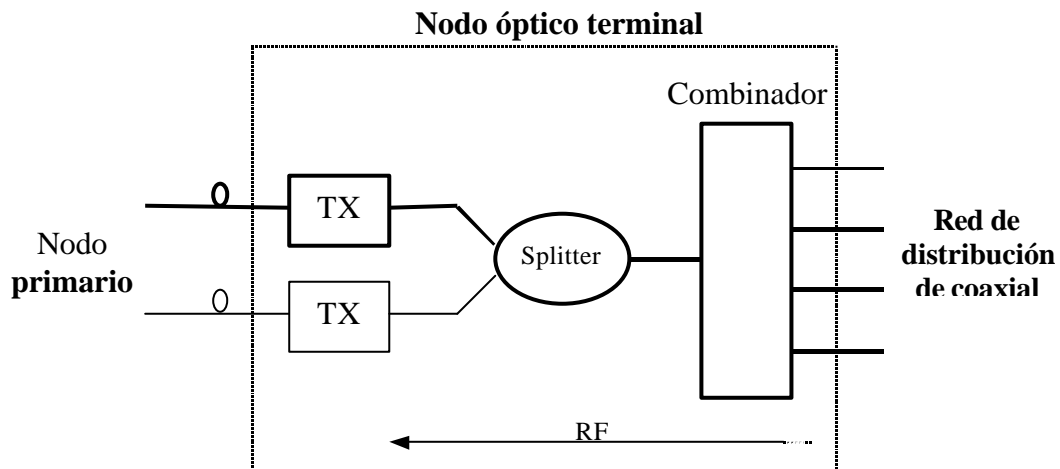


Figura 11. Canal ascendente de un nodo óptico terminal.

1. Combinación.

Combinador. Los cuatro caminos de retorno son combinados mediante un elemento pasivo para formar una única señal con la que se ataca a los transmisores ópticos de retorno.

2. Transmisión óptica.

Splitter. La señal combinada se divide para alimentar de señal RF a los transmisores ópticos.

Transmisores ópticos. Los transmisores ópticos de retorno envían la señal hacia el nodo primario, a través de las redes secundaria y terciaria. De esta forma, la señal llega a los receptores de retorno del nodo primario correspondiente. Uno de los transmisores es de reserva.

4.5. Terminal direccionable de abonado

El dispositivo que permite al cliente acceder a los servicios TV de la red es el terminal direccionable de abonado, también denominado *set-top* o decodificador, instalado en el propio domicilio del abonado.

El *set-top* es el encargado de decodificar los canales correspondientes al servicio contratado por el abonado; por tanto, los equipos de codificación o *scramblers* de la cabecera y los *set-tops*, en el domicilio del abonado, constituyen los extremos del sistema direccionable de acceso.

Asimismo, el *set-top* es el dispositivo que permite al cliente interactuar con el sistema, poniendo a su disposición la contratación instantánea de servicios PPV (*Pay-Per-View*).

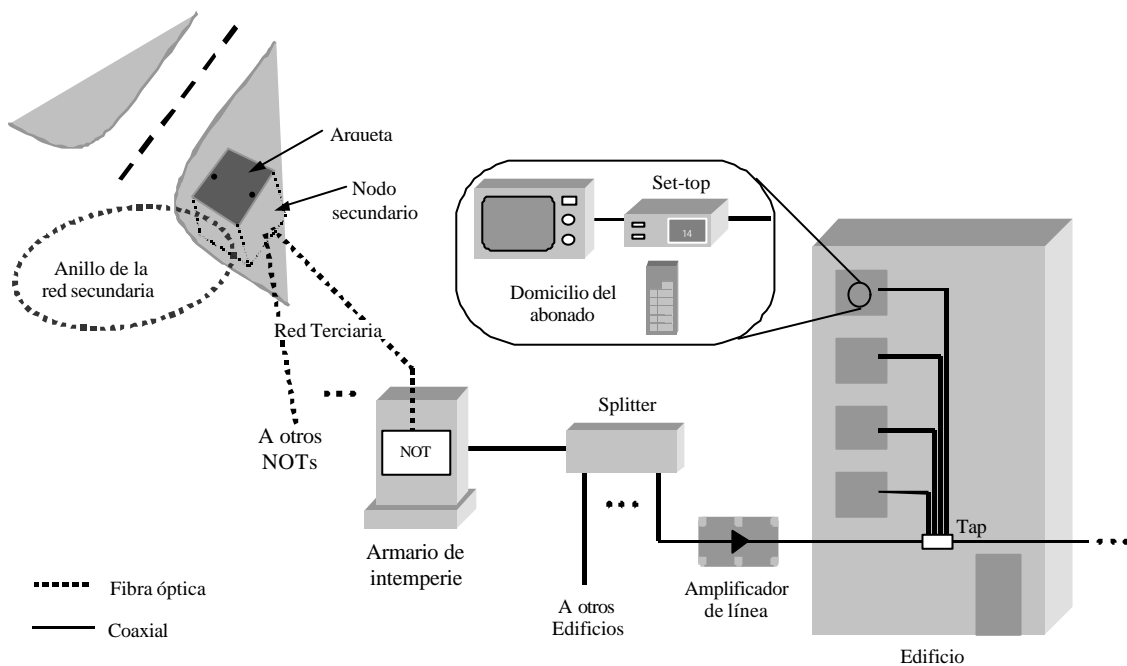


Figura 12. Conexión del set-top de abonado a la red.

En la figura 12 se muestra la conexión de un *set-top* con el resto de la red (siguiendo la arquitectura en estrella para la acometida; la distribución en árbol es similar, véase 3.5). El cable coaxial que parte del nodo óptico terminal (figura 13) al que está asignado el abonado llega hasta el edificio del mismo, tras varias bifurcaciones realizadas por *splitters* (figura 14). Opcionalmente, si la pérdida de señal es notoria, se instalan amplificadores de línea, que se colocan en fachada. En el edificio del abonado se sitúa un derivador o *tap* (figura 15), al cual se

conectan los coaxiales que llegan hasta cada domicilio. El coaxial correspondiente se conecta al aparato de TV del abonado a través del *set-top*.



Figura 13. Nodo óptico.



Figura 14. Splitters.



Figura 15. Taps.

Las características más representativas de los *set-tops* instalados son las siguientes:

- Aunque el retorno se realizará por cable, los *set-tops* permiten también retorno por línea telefónica.
- *Bypass* de RF: permite el paso directo de los canales no codificados a los equipos de vídeo y TV del abonado, por lo que aquéllos no serán sintonizados desde el *set-top*.
- Doble entrada RF: permite al usuario abonarse a dos operadores de cable, y seleccionar con el mando uno de ellos.
- Decodificación en banda base.
- Autodiagnóstico: en caso de anomalía, el *set-top* emite mensajes de error que permiten determinar la causa del problema y sólo si es necesario enviar un técnico al domicilio.
- IPPV (*Instantaneous Pay-Per-View*).
- Tele-encuesta.
- Control de volumen, *mute*, canales favoritos, bloqueo infantil (*parental lock*), grabación de programas de forma desatendida.
- Configuración desde el sistema de control de acceso: permite modificar los parámetros del *set-top* de forma remota, incluyendo: cambiar el mapa de canales en uso, trasladar el nivel de la portadora de RF de retorno y su frecuencia, variar las opciones de bloqueo infantil, volumen, etc.

5. Subredes de telefonía y datos

5.1. Subred de datos

5.1.1. Servicios ofrecidos

Los servicios que han sido previstos son los siguientes:

- **Servicios portadores.** Consisten en el alquiler de circuitos digitales, asegurando una comunicación continuada y de capacidad constante entre los puntos de interés para el cliente. Las líneas de comunicación serán transparentes respecto de los diversos protocolos usados por el cliente. Las tecnologías de transmisión podrán ser ATM, Frame Relay, etc.
- **Servicios de transmisión de datos.** Se basan en conmutación de circuitos y conmutación de paquetes o celdas (IP, ATM, Frame Relay y X.25), aplicables a soluciones Internet/Intranet, acceso a servidores multimedia, interconexión de LANs y redes privadas virtuales (VPN).
- **Servicios de acceso a redes.** Permite el acceso a Internet y a otros proveedores de contenido multimedia.
- **Servicios de valor añadido.** En este ámbito, podemos distinguir:
 - *Servicios de utilidad pública:* telemedicina, telebanca, teletrabajo, prensa electrónica, etc.
 - *Servicios de ocio:* videojuegos.

5.1.2. Estructura

La estructura de la red de datos queda reflejada en el diagrama de la figura 13. Los equipos que conectan la red de datos con Internet están situados en la cabecera; el nodo primario que reside junto a ésta es el encargado del funcionamiento de los módems de cable, a través de los cuales el abonado tiene acceso a la red.

La red está conectada a Internet mediante un *router*. El *firewall* (cortafuegos) protege la red de posibles ataques externos. El servidor *proxy* actúa como caché de páginas web, acelerando el acceso a Internet. Los servidores proporcionan servicios WWW, DNS, DHCP, FTP, Usenet, IRC, etc. a los abonados. El equipo del abonado se conecta a un módem de cable, que permite el acceso a la red HFC. El módem de cable se comunica con una cabecera de módems, a través de la cual se conecta al resto de la red de datos. Los conmutadores permiten la interconexión de los distintos equipos.

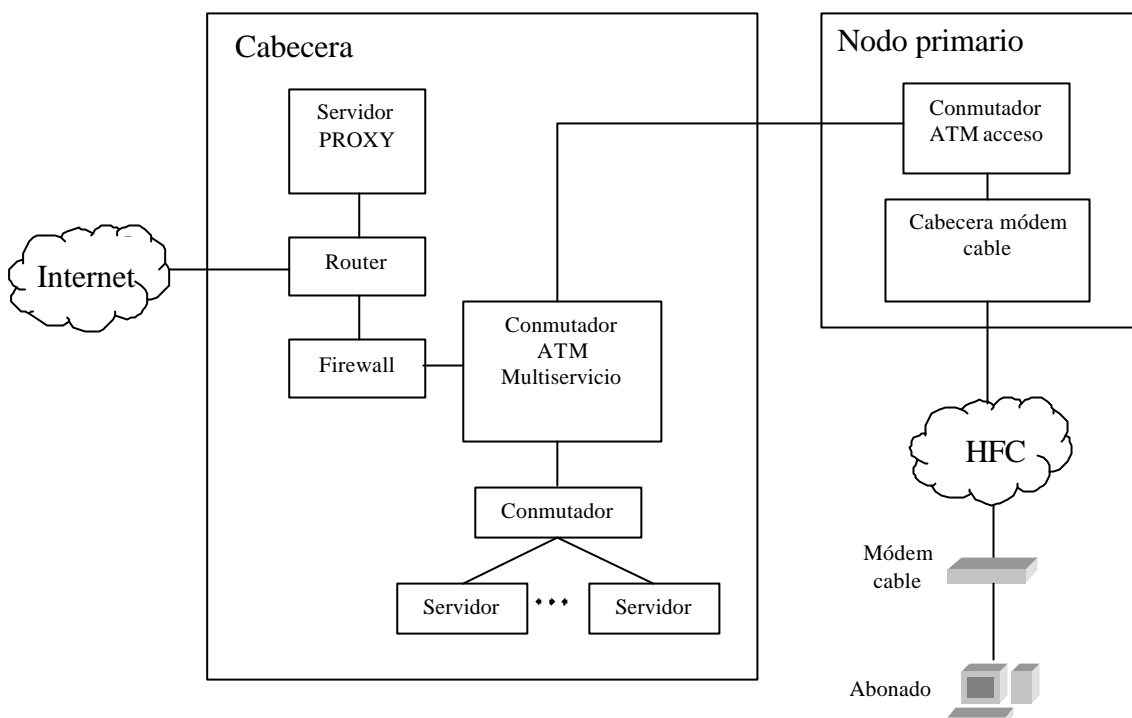


Figura 16. Diagrama esquemático de la red de datos.

A continuación se describe con más detalle cada equipo.

- **Router.** Se encarga de encaminar el tráfico IP entre la red de datos e Internet.
- **Servidor Proxy.** Actúa a modo de caché, haciendo copias locales de las páginas más visitadas y de esta forma pasan a servirse localmente, acelerando el acceso a las mismas y no consumiendo los recursos de línea exterior. Con este equipo se intenta evitar en la medida de lo posible el tráfico redundante en la red, ahorrando ancho de banda. El funcionamiento del servidor es el siguiente:
 - Un usuario solicita una página web mediante su navegador.
 - El proxy, al que realmente llega la petición, la solicita a su vez al servidor remoto.
 - El servidor remoto envía la página web al proxy, y éste la remite al navegador del usuario. El proxy mantiene una copia local de la misma (con todo su contenido: imágenes, sonidos, etc.).
 - Otro usuario solicita la misma página.
 - El proxy recibe la petición, y detecta que dicha página está copiada localmente en la caché.
 - El proxy envía dicha copia local al navegador, sin conectar con el servidor remoto.
- **Firewall (cortafuegos).** Este equipo garantiza la seguridad en las comunicaciones mediante TCP/IP entre la red de datos e Internet. Protege a la red de datos de ataques externos. El firewall está dimensionado para trabajar con un gran número de sesiones TCP simultáneas.

- **Servidores.** Se encargan de dar los siguientes servicios:
 - WWW, FTP, IRC, USENET, e-mail
 - DNS
 - DHCP
 - Sincronización horaria
 - Juegos
- **Conmutador ATM multiservicio.** Permite la interconexión de equipos de diferentes tecnologías, como ATM, Frame Relay, X.25, etc. Su rendimiento es elevado (19 Gbps) para soportar el tráfico de la red. El equipo se dispone de manera redundante.
- **Conmutador LAN.** Conecta a los servidores con el conmutador ATM multiservicio mediante tecnología 100 Base-T y ATM (155 Mbps).
- **Conmutador ATM de acceso.** Similar al conmutador ATM multiservicio, pero de menor capacidad (2 Gbps). Incluye un mayor número de puertos.
- **Cabecera de módems de cable .** La cabecera de módems (figura 17) y los módems de cable (figura 18), situados en el domicilio de los abonados, componen la red de acceso a datos integrada en HFC. La cabecera posee interfaces de datos 10 Base-T, 100 Base-T y ATM para la interconexión con la red de datos, y por otro lado, interfaces F para el acceso a la red HFC mediante RF, tanto en camino ascendente como descendente. Típicamente, una cabecera es capaz de soportar 2000 módems de cable, usando un canal descendente compartido de 30 Mbps (6 MHz) y varios canales ascendentes compartidos de 2,56 Mbps (1,8 MHz). En general, el ancho de banda descendente que ve cada módem de cable será muy superior a $30 \text{ Mbps} / 2000 = 15 \text{ Kbps}$ ya que no todos ellos estarán trabajando a la vez.



Figura 17. Cabecera de módems de cable.

- **Módems de cable .** Se sitúan en el domicilio del abonado, y permiten el acceso a la red de datos mediante HFC. El módem de cable está conectado por un lado con un coaxial que proviene de la red HFC (mediante un interfaz F), y por otro, al ordenador, mediante una tarjeta de red tipo 10 Base-T. El módem de cable es autodetectable y permite la actualización de su software desde la cabecera. Las velocidades de transferencia de los canales descendente y ascendente son configurables desde la cabecera, en un rango de 32 Kbps hasta 10 Mbps. Para usuarios normales, que desean conectar su PC a Internet para navegar por la web, la asignación suele ser asimétrica, de forma que el ancho de banda de recepción es mucho mayor que el de envío. Velocidades típicas son 128 Kbps,

256 Kbps e incluso 512 Kbps en algunos operadores de cable. Una vez instalado el módem de cable, y conectado con el PC a través de una tarjeta de red, el PC ve la red como una gran red Ethernet. La figura 18 muestra el aspecto externo de un módem de cable.



Figura 18. Módems de cable.

5.2. Red de telefonía

5.2.1. Servicios ofrecidos

Los tipos de acceso a la red de telefonía que han sido previstos son los siguientes:

- telefonía analógica tradicional
- acceso digital RDSI básico
- acceso digital RDSI primario

Aparte del servicio de establecimiento de llamada hacia el destino marcado, se han previsto los siguientes servicios suplementarios:

- Marcación abreviada
- Línea directa sin marcación
- Indicación de llamada en espera
- Conferencia a tres
- Despertador
- Desvío de llamadas
- Restricción de tráfico originado
- Información de facturación
- Información de cambio de número
- Identificación de llamadas maliciosas
- Contestador automático en red
- Presentación del número desde el que se realiza la llamada
- Buzón de voz
- Acceso a Internet por el par telefónico

5.2.2. Estructura

La red soporta tanto telefonía *integrada* como *superpuesta*. La telefonía integrada hace uso de la red HFC para el transporte, mientras que la telefonía superpuesta se distribuye mediante una red paralela, con tecnología SDH. Sin embargo, ambas tienen partes en común: el centro de conmutación, que reside en la cabecera, y el cableado de viviendas, que independientemente de la tecnología de transporte se realiza con cables de pares, instalados paralelamente a la red de distribución de coaxial por los edificios.

5.2.2.1. Centro de conmutación

El diagrama de la figura 19 muestra esquemáticamente el centro de conmutación de la red. Entre los distintos equipos que lo componen destaca la central de conmutación, que canaliza todo el

tráfico de llamadas. Los centros de conmutación de diferentes redes de una red de cable actual están comunicados entre sí mediante enlaces de fibra óptica. Con objeto de proveer a los clientes de la capacidad de comunicación con abonados de otros operadores, se han llevado a cabo los acuerdos pertinentes con los mismos. En este sentido, el centro de conmutación dispone de enlaces de fibra óptica con centrales de otras redes de telefonía, mediante una unidad de enlaces. Esta misma unidad permite el acceso de la central de conmutación al buzón de voz; asimismo conecta la central con los equipos correspondientes del nodo primario.

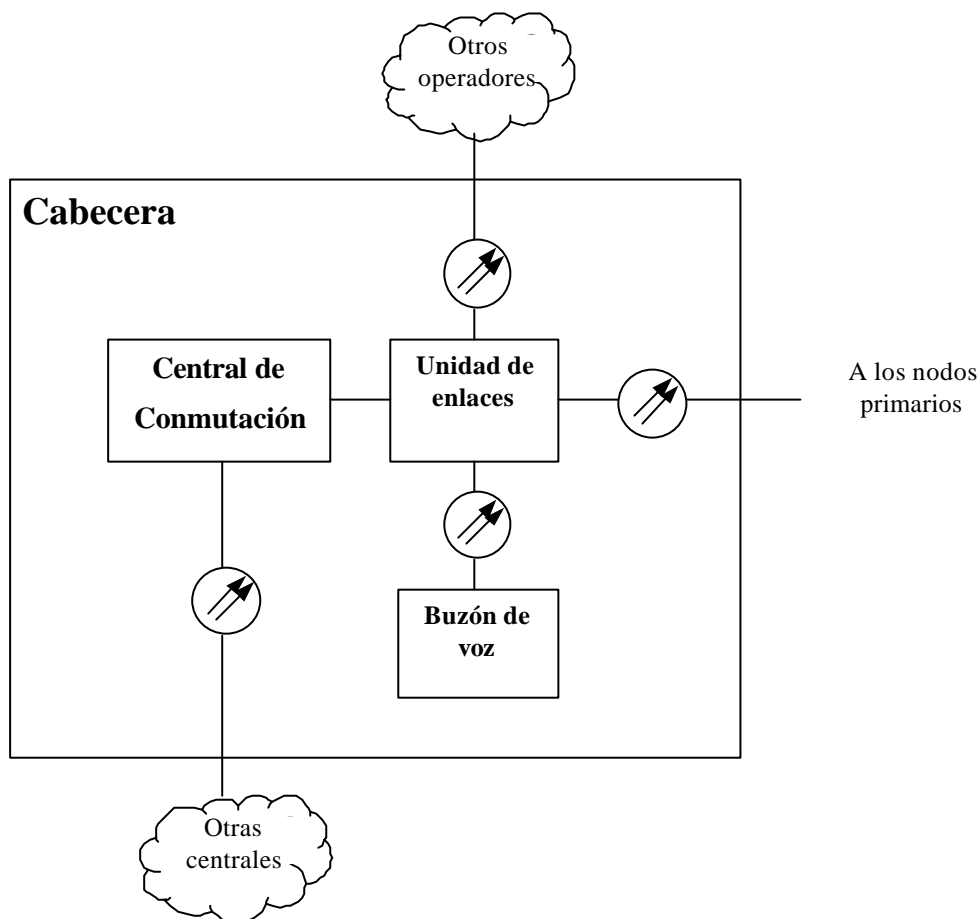


Figura 19. Centro de conmutación de la red de telefonía.

5.2.2.2. Red de acceso mediante telefonía integrada

La telefonía integrada aprovecha la red HFC de distribución de TV y datos para llegar hasta el cliente. Para realizar el interfaz con la red HFC, son necesarios dos equipos específicos:

- HDT: Host principal, situado en un nodo primario.
- MDU: unidad de abonado, de la que parten los pares telefónicos, situada en la red de acometida.

El centro de conmutación, situado en la cabecera, está conectado al HDT del nodo primario mediante enlaces de fibra óptica. Desde aquí, la señal se distribuye junto a las de TV y datos, vía HFC.

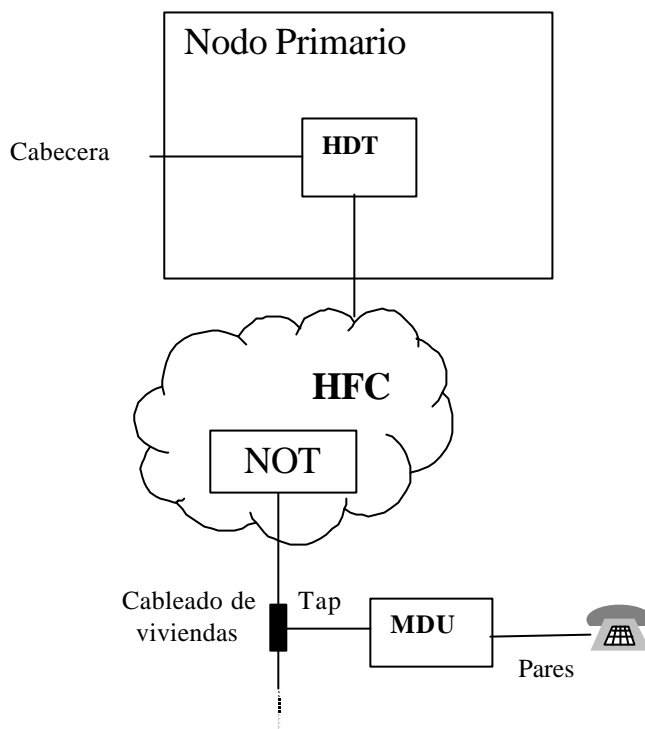


Figura 20. Red de acceso mediante telefonía integrada.

5.2.2.3. Red de acceso mediante telefonía superpuesta

La red de acceso mediante telefonía superpuesta no usa la red HFC. Desde la cabecera se distribuye la señal, mediante fibra óptica, hasta los nodos primarios, y desde ellos, hasta los lóbulos de 12000 hogares de la red SDH. Cada uno de estos lóbulos se divide en dos zonas que cubren 6000 hogares cada una. Para cubrir cada una de estas zonas, se instala un centro remoto.

Desde el centro remoto, mediante un repartidor, salen directamente los pares que dan servicio a los abonados. Los pares llegan hasta los distintos nodos ópticos terminales, en los que hay instalado un repartidor de 500 pares. Desde cada nodo óptico terminal salen los pares que, pasando por las cajas repartidoras situadas en cada edificio, llegan hasta los abonados.

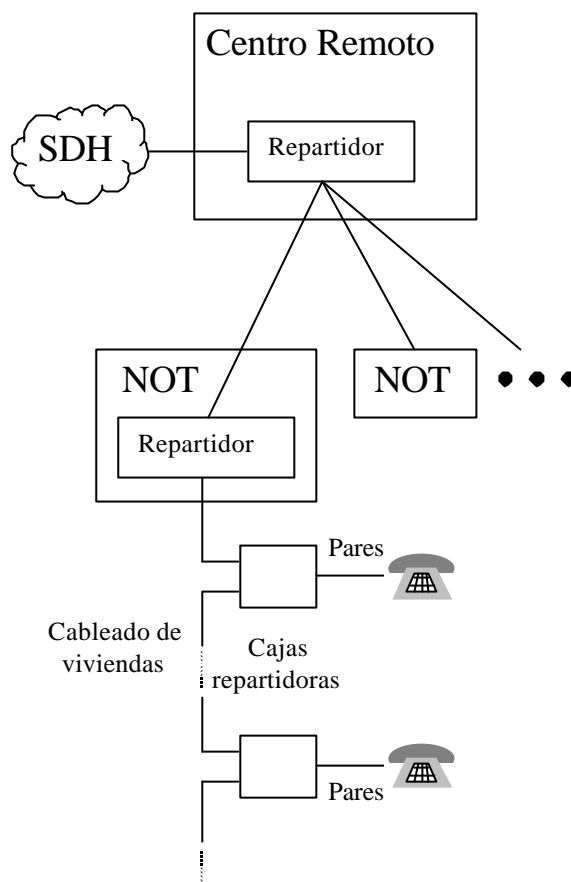


Figura 21. Red de acceso mediante telefonía superpuesta.

5.2.2.4. Cableado de viviendas

Independientemente de si se utiliza telefonía integrada o superpuesta, el cableado de vivienda es el mismo, con la salvedad de que en el caso de telefonía integrada, hay que instalar las unidades MDU. Al domicilio del abonado llega, junto al cable coaxial de la red HFC, un par telefónico (formando un cable “siamés”) que puede estar dando servicio mediante cualquiera de las dos maneras. El cableado de viviendas parte del nodo óptico terminal correspondiente, y se distribuye a cada abonado mediante las cajas repartidoras instaladas en la fachada del edificio.

6. Gestión de una red de cable

La gestión de la red es necesaria para ofrecer un servicio de calidad a los abonados. En particular, se trata de evitar en lo posible las interrupciones en el servicio prestado y la degradación de la calidad de señal. En el caso de que estas incidencias se produzcan, una gestión eficaz permitirá acotar el problema y solventarlo con mayor rapidez, mediante las operaciones de mantenimiento oportunas.

Las redes de telecomunicaciones, por su extensión geográfica, diversidad de tecnologías y fabricantes, y variedad de servicios ofrecidos, presentan una grave problemática en materia de gestión. A modo de ejemplo, la tabla 2 muestra diferentes los dominios de gestión de la red de una red típica de cable. Cada uno de estos dominios es gestionado por uno o más sistemas de gestión. La dificultad estriba en que estos sistemas de gestión trabajan de forma independiente, y por ello, no se dispone de una vista integrada de la red. Sin esta integración, se obstaculizan todas las tareas de gestión: fallos, prestaciones, facturación, aprovisionamiento de servicios, etc. A modo de ejemplo, un sistema integrado podría realizar, eficientemente, tareas tales como:

- Generar facturas unificadas, que incluyan todos los servicios contratados
- Indicar qué usuarios se ven afectados ante un fallo en un determinado dispositivo o línea
- Permitir al abonado contratar nuevos servicios (paquetes de canales de TV, cambio de la velocidad del módem de cable, etc.) al instante mediante una llamada telefónica

CATV	Cabecera	Telefonía integrada	Red de acceso	
	Acceso Condicional		Datos e Internet	Acceso HFC
	HFC			<i>Routers, switches</i>
Telefonía	Conmutación	Energía (ininterrumpida)	Continua 48V	
Telefonía superpuesta	Buzón de voz		Energía (ininterrumpida)	Alterna 220V
	Red de acceso			
	SDH			

Tabla 2. Dominios de gestión en una red de cable.

6.1. Gestión de la red HFC

La monitorización de los equipos de la red HFC la llevan a cabo unos dispositivos específicos para tal fin denominados habitualmente *transponders*. Físicamente, un *transponder* puede ser una tarjeta que se inserta en el interior del equipo a gestionar, o bien un módulo con su propio encapsulado, a veces acoplable mecánicamente a la carcasa de aquél. El *transponder* se encarga de tomar medidas sobre determinados parámetros de interés en el dispositivo gestionado, de forma continua, y de comunicar las incidencias y/o los resultados de las mediciones a la *unidad*

de control correspondiente. La unidad de control es el equipo que se encarga de sondear periódicamente (*polling*) a un determinado grupo de *transponders*, reuniendo la información de estado de todos los dispositivos gestionados. El software de gestión hace uso de los datos recogidos por las diferentes unidades de control para mostrar al operador de red las alarmas producidas, mapas gráficos mostrando el estado de la red en cada punto, estadísticas de prestaciones, etc. A continuación se describe la solución comercial de *Cheetah* para la gestión de la red HFC. El sistema de gestión aquí descrito, denominado *Diamond Diagnostics* y desarrollado por *Philips Broadband Networks*, presenta una configuración típica.

6.1.1. Hardware

La figura 22 muestra esquemáticamente la disposición de los equipos de gestión de la cabecera de red. Las características principales de estos equipos se enumeran a continuación.

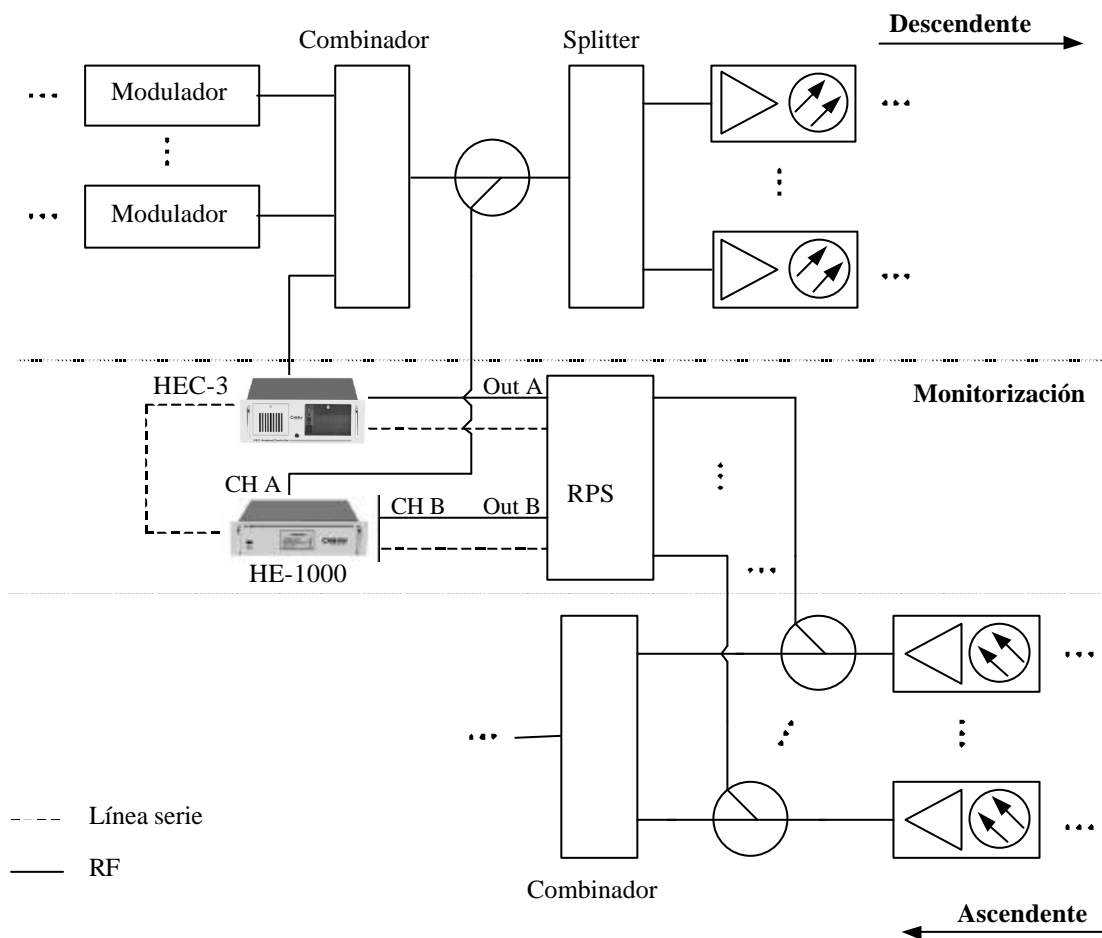


Figura 22. Monitorización de la cabecera de red mediante *Cheetah Net*.

HEC-3E	<p>Controlador de comunicaciones de cabecera (<i>HEadend communications Controller</i>).</p> <p>El controlador HEC realiza gestión del tráfico de la red, filtrado de alarmas, sondeo de los <i>transponders</i> y conversión de protocolo. Soporta un máximo de 10000 <i>transponders</i>.</p> <p>Permite la instalación de hasta 4 módems de RF. A mayor número de módems, más rápidamente puede realizarse el sondeo de los <i>transponders</i>, ya que se realiza a razón de 15 <i>transponders</i> por módem en un segundo. También soporta módems telefónicos, tarjetas de red, y puertos serie tipo RS-232 y RS-485.</p> <p>Dispone de un agente SNMP, que permite la integración de Cheetah Net con sistemas de gestión de nivel superior.</p> <p>El software del controlador se puede cargar remotamente, facilitando la actualización a versiones más avanzadas.</p>
HE-1000	<p>Analizador de cabecera (<i>HEadend analyzer</i>).</p> <p>Realiza el análisis del espectro de la señal en los caminos descendente y ascendente.</p>
RPS	<p>Conmutador del camino de retorno (<i>Return Path Switch</i>).</p> <p>Permite al analizador y al controlador de cabecera estudiar cada señal de retorno por separado. Si en lugar de un dispositivo RPS se colocase un combinador convencional de RF, la intrusión de ruido por uno de los canales de retorno se mezclaría con el resto de canales, impidiendo discernir cuál de ellos introdujo el ruido.</p> <p>Cada RPS dispone de dos salidas seleccionables independientemente. La selección del canal de entrada se realiza mediante una línea serie, RS-232 ó RS-485.</p> <p>Los dispositivos RPS se pueden conectar en cascada (<i>daisy chain</i>).</p>

Los equipos de campo de la red HFC, en particular, nodos ópticos, amplificadores y fuentes de alimentación, se monitorizan mediante *transponders* Cheetah, cuyas características generales se resumen a continuación:

- Encapsulados de diferentes tamaños.
- Entradas analógicas.
- Entradas y salidas digitales.
- Módem de frecuencia ágil para comunicación con HEC.
- Software reprogramable remotamente.
- Acceso local mediante puerto de comunicaciones.

La distribución de equipos de monitorización de Cheetah en la red de coaxial es la mostrada en la figura 23.

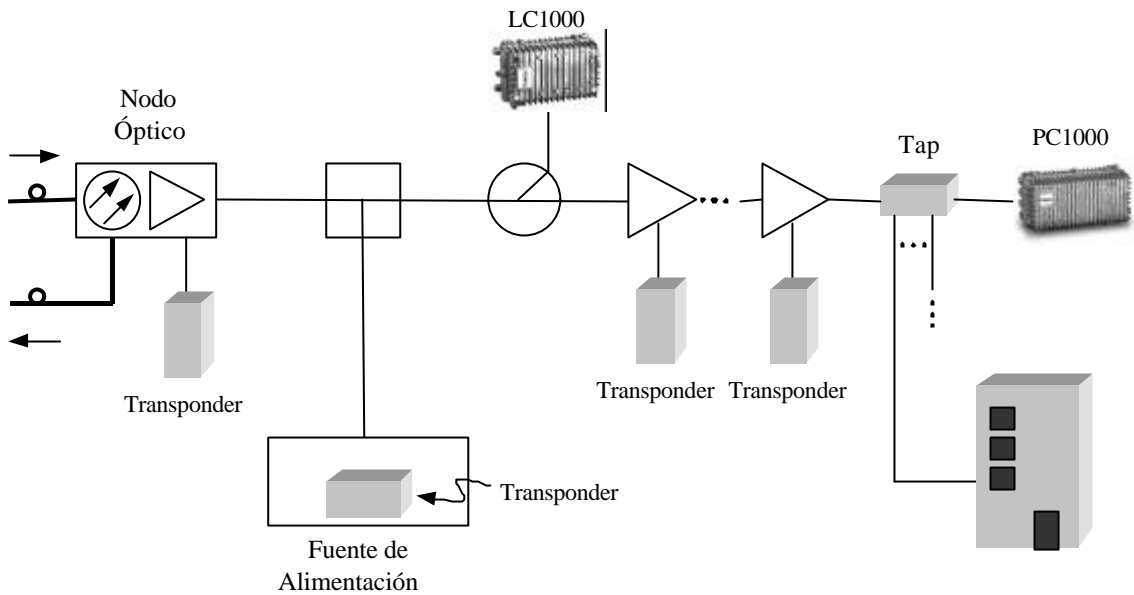


Figura 23. Monitorización de los equipos de campo mediante Cheetah Net.

Puede observarse que, además de los *transponders*, en la red se conectan otros dos dispositivos de monitorización, pertenecientes a la familia *Cheetah Test*.

LC-1000

- Se instala junto con el nodo óptico terminal.
- Monitoriza los niveles de RF, la temperatura y la alimentación del nodo óptico terminal.
- Las medidas son enviadas al HEC de cabecera mediante línea telefónica o módem RF de frecuencia ágil.
- Puede realizar medidas sobre canales codificados.
- Software reprogramable remotamente.
- Dispone de un puerto RS-232 para el acceso local.

PC-1000

Cubre la misma función que el dispositivo HE-1000, pero se instala en campo, en aquellos puntos donde se crea conveniente analizar la señal.

6.1.2. Software

NetMentor es la aplicación encargada de la gestión de la red mediante los dispositivos hardware descritos anteriormente. La figura 24 muestra la configuración del sistema. A continuación se comenta la función que desempeña cada componente del sistema de gestión.

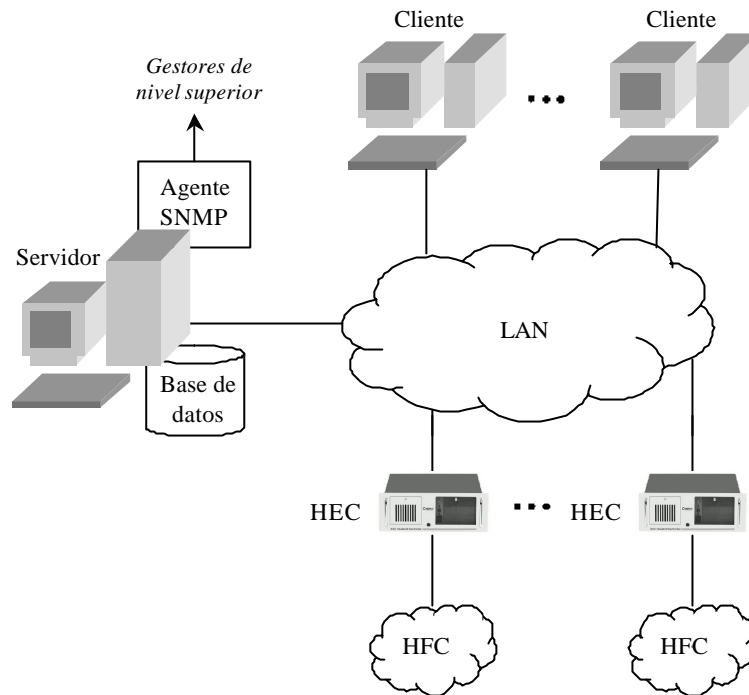


Figura 24. Configuración del sistema Cheetah Net.

Cliente	<p>Ejecuta una o varias aplicaciones de gestión, que se encargan de funciones tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Representación gráfica de los equipos de la red y su estado actual (figura 25). • Gestión de las alarmas: visualización y filtrado (figura 25). • Visualización de medidas en tiempo (cuasi) real (figuras 26 y 27) • Creación de históricos y análisis de los datos.
Servidor	<p>Se encarga de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mediar la comunicación entre las aplicaciones de gestión y los elementos de red. • Gestionar la base de datos del sistema. • Comunicar el sistema con gestores de nivel superior.
Base de datos	<p>La base de datos facilita el análisis de tendencias y la minería de datos (<i>data mining</i>). La actividad de la red, incluyendo las alarmas producidas, son incluidas en ella.</p>
Comunicación con sistemas externos	<p>Todo sistema de gestión de elementos de red debe disponer de algún mecanismo estándar para el intercambio de información con sistemas externos, en particular, gestores de nivel superior, tal como se ha descrito anteriormente. En el caso particular de Cheetah, se trata de un agente SNMP.</p>

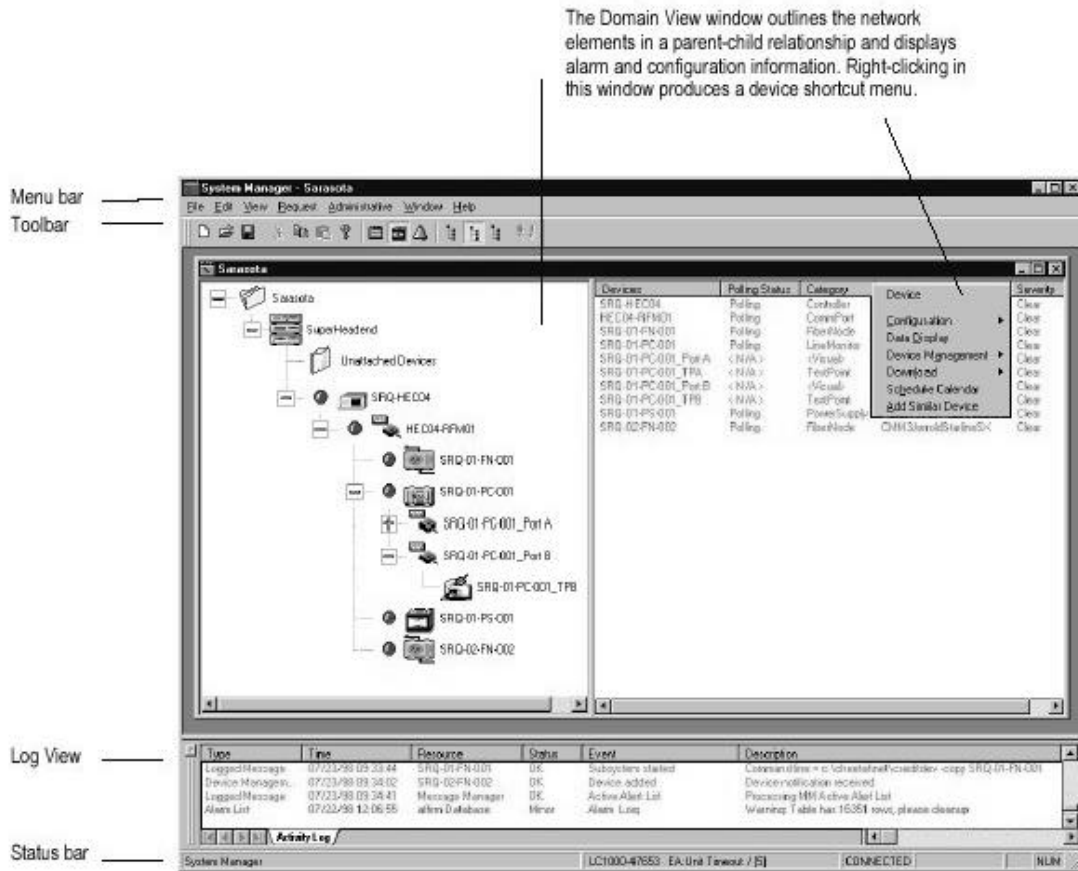


Figura 25. Representación gráfica de los equipos de red y listado de alarmas detectadas en una aplicación de gestión de red.

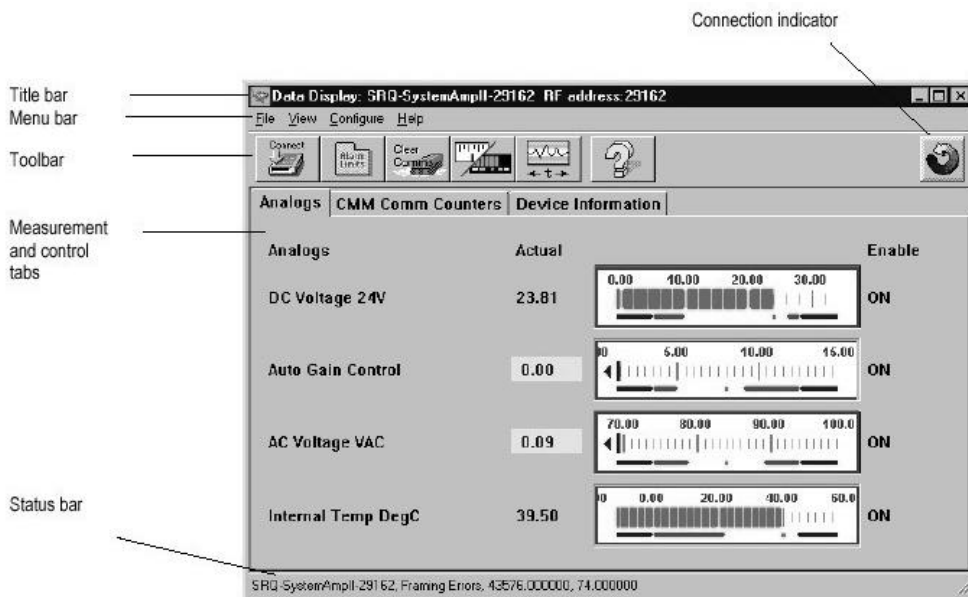


Figura 26. Visualización de medidas tomadas por transponders en tiempo real.

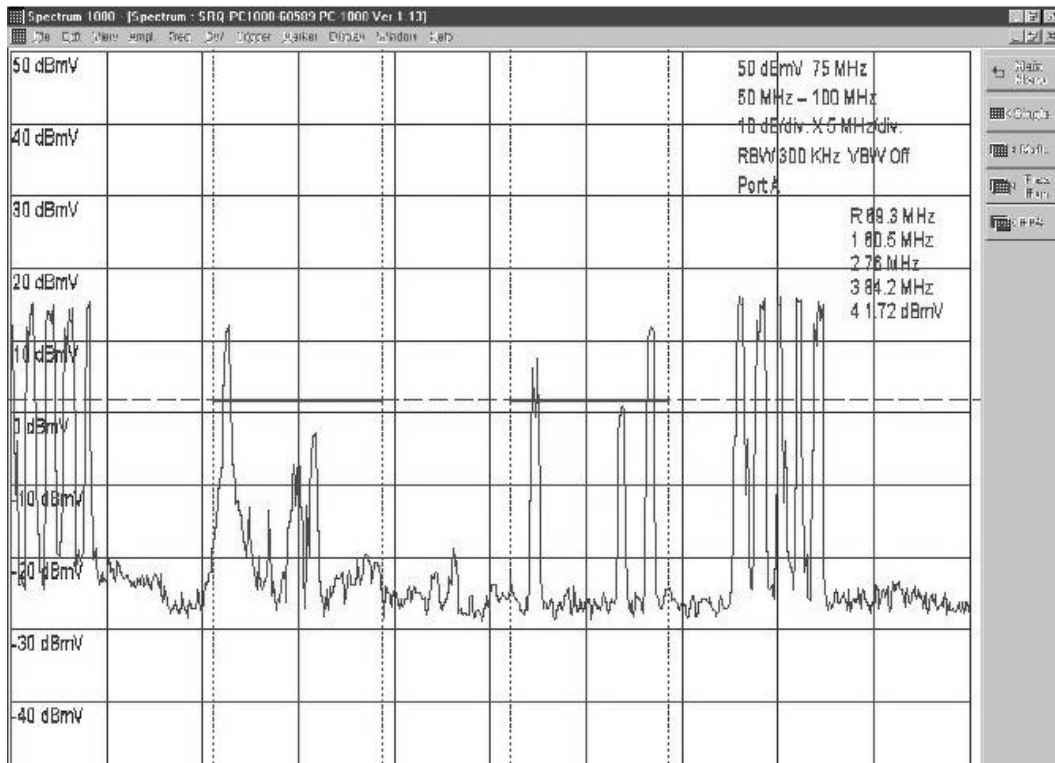


Figura 27. Espectro de la señal medido remotamente por un analizador instalado en campo.

A. Bibliografía.

ADC Telecommunications. *Hybrid Fiber Coaxial (HFC) Telephony*.

http://www.webproforum.com/acrobat/hfc_tele.pdf

Cadant. *Cable Modems*.

http://www.webproforum.com/acrobat/cable_mod.pdf

Ciciora, W., Farmer J., Large, D. *Modern Cable Television Technology*. Ed. Morgan Kaufmann, 1999.

Cheetah. *NetMentor*.

<http://www.cheetahtech.com/html/netmentor.html>

Com21. *ComUNITY Product Brief*.

<http://www.com21.com>

Com21. *ComUNITY VoX Product Brief*.

<http://www.com21.com>

Hewlett Packard. *Testing Digital Video*.

http://www.webproforum.com/acrobat/test_dv.pdf

Ministerio de Fomento. *Legislación Nacional sobre Telecomunicaciones por Cable*.

<http://www.sgc.mfom.es/legisla/cable.htm>

Pennsylvania Cable & Telecommunication Association. *The History of Cable TV*.

<http://www.pcta.com/histcabl.html>

Scientific Atlanta. *Hybrid Fiber Coax (HFC) and Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) Networks*.

http://www.webproforum.com/acrobat/hfc_dwdm.pdf