



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

L.47

(10/2000)

SERIE L: CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y
PROTECCIÓN DE LOS CABLES Y OTROS
ELEMENTOS DE PLANTA EXTERIOR

**Dispositivos de acceso que utilizan redes
híbridas de fibra óptica/cobre**

Recomendación UIT-T L.47

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

Dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre

Resumen

La presente Recomendación ofrece información y directrices sobre los dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre (HFC, *hybrid fibre/copper*).

Las redes HFC son necesarias para la futura introducción de servicios multimedios con varias aplicaciones de banda ancha. Estas redes ofrecen más oportunidades de utilización que las redes dedicadas exclusivamente a las telecomunicaciones o a la distribución de televisión por antena colectiva (CATV, *cable television*). Mediante estas redes pueden proporcionarse servicios adicionales tales como televisión de pago, pago por visión, vídeo a la carta, telebanco, teletrabajo, telecompra y acceso a Internet.

Las redes HFC también representan un paso en el proceso evolutivo hacia la infraestructura mundial de la información (GII, *global information infrastructure*); ello significa una conexión entre las redes de CATV, de telecomunicaciones, de datos y móviles.

En el apéndice II aparecen ejemplos de redes HFC.

Orígenes

La Recomendación UIT-T L.47, preparada por la Comisión de Estudio 6 (1997-2000) del UIT-T, fue aprobada por la Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (Montreal, 27 de septiembre – 6 de octubre de 2000).

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2001

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

Página

1	Ámbito	1
2	Tipos fundamentales de redes híbridas de fibra óptica/cobre	1
3	Elementos físicos de las redes híbridas de fibra óptica/cobre.....	2
3.1	Elementos ópticos	2
3.1.1	Cables ópticos.....	2
3.1.2	Conectores ópticos.....	2
3.1.3	Amplificadores ópticos.....	2
3.1.4	Divisores ópticos	2
3.2	Elementos eléctricos y de cobre.....	2
3.2.1	Redes HFC-S	2
3.2.2	Redes HFC-C.....	3
4	Instalación	4
4.1	Redes HFC-S	4
4.2	Redes HFC-C.....	4
4.2.1	Cables coaxiales	4
4.2.2	Bastidores	5
4.2.3	Instalación en interiores.....	5
	Apéndice I – Cuestionario sobre la Cuestión 13/6 Dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre	5
I.1	Introducción	5
I.2	Topología.....	5
I.3	Construcción del cable.....	6
I.4	Componentes para redes CATV	7
I.5	Instalación del cable.....	7
I.6	Instalación del bastidor	8
	Apéndice II – Experiencia en Italia con las redes HFC-C	9
II.1	Introducción	9
II.2	El proyecto HFC-C	9
II.3	Infraestructura de la red para Italia	11
II.4	Diseño de la red coaxial.....	14
II.5	Evolución hacia las redes ópticas	15
	Apéndice III – Experiencia en Indonesia con redes HFC-C Dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre	16
III.1	Introducción	16
III.2	Consideraciones básicas.....	16

	Página
III.3	Topología de la red 16
	III.3.1 Topología de la red de transporte 16
	III.3.2 Topología de la red de acceso..... 17
	III.3.3 Topología de la red coaxial..... 17
III.4	Construcción del cable..... 18
	III.4.1 Cableado óptico 18
	III.4.2 Cableado coaxial..... 18
III.5	Atribución de anchura de banda 19
III.6	Configuración del sistema..... 20
	III.6.1 Cabecera 20
	III.6.2 Centro de distribución 20
	III.6.3 Nodo de fibra 21
	III.6.4 Amplificador (componente activo)..... 21
	III.6.5 Componente pasivo 21
III.7	Sistema de alimentación 22
	III.7.1 Sistema de alimentación en el cable coaxial..... 22
III.8	Planta exterior (OSP, <i>outside plant</i>) 23
	III.8.1 Postes 23
	III.8.2 Bastidores 23
III.9	Normalización..... 23
III.10	Instrumento de planificación de la red coaxial 24
III.11	Componentes de las redes coaxiales HFC-C 24
III.12	Leyenda 25

Recomendación UIT-T L.47

Dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre

1 **Ámbito**

Esta Recomendación:

- proporciona información general sobre los tipos fundamentales de redes híbridas de fibra óptica/cobre;
- describe los elementos físicos más importantes de las redes HFC aparte de sus equipos de transmisión;
- da información general y directrices sobre la instalación de las redes HFC.

2 **Tipos fundamentales de redes híbridas de fibra óptica/cobre**

Pueden considerarse topologías de redes HFC muy distintas de acuerdo con los requisitos de las distintas Administraciones y organismos de explotación privados, de los diferentes países o situaciones regionales y de los diversos servicios multimedios proporcionados. Además, las redes HFC pueden basarse en las redes telefónicas ya existentes, tanto en lo que se refiere a la parte de fibra óptica como a la parte de cables de cobre de la red. Sin embargo, las siguientes consideraciones generales pueden aplicarse a todos los tipos de redes HFC.

Una red HFC puede considerarse compuesta de dos secciones principales:

- Primera sección: la "red de transporte" donde los servicios se generan y se ofrecen (a nivel nacional, regional o local), hasta los puntos de distribución principales. La extensión de la red de transporte puede ser muy grande y el medio de transmisión físico es la fibra óptica.
- Segunda sección: la "red de acceso" donde están conectados los usuarios finales (a nivel local) a los puntos de distribución principales. La extensión de la red de acceso se limita normalmente a unos cuantos kilómetros de longitud. El portador utilizado en la primera parte de la red de acceso es la fibra óptica y el medio de transmisión físico de la última parte de esta red hasta los usuarios pueden ser pares de cobre simétricos (redes "HFC-S") o pares coaxiales de cobre/aluminio (redes "HFC-C").

Normalmente, las redes HFC-S se derivan directamente de las tradicionales redes telefónicas de acceso de hilo de cobre. La evolución hacia los nuevos servicios puede lograrse mediante técnicas especiales de compresión (JPEG o MPEG, por ejemplo) y de transmisión (HDSL, ADSL o VDSL, por ejemplo) de datos en los actuales pares de cables simétricos. Cabe señalar que el tipo HFC-S abarca un amplio conjunto de soluciones de redes muy distintas, de acuerdo con el nivel de penetración de la fibra óptica en la red de acceso y de la topología de la red. De tal forma que, por ejemplo, las redes de tipo HFC-S abarcan desde un enlace de cobre sencillo ADSL punto a punto hasta arquitecturas de redes ópticas pasivas (PON, *passive optical networks*) punto a multipunto fibra hasta el edificio (FTTB, *fibre to the building*).

El término HFC-C identifica un conjunto de redes más restrictivo. Las redes HFC-C normalmente exigen la instalación de nuevos componentes coaxiales activos y pasivos en la última parte de la red de acceso aunque se considere una simple actualización de la red unidireccional HFC-C ya existente hacia los servicios interactivos. Las nuevas redes HFC-C pueden ofrecer hasta 1 GHz de anchura de banda para las transmisiones de radiodifusión CATV y otros servicios multimedios de banda ancha.

Debe tenerse en cuenta que:

- conviene llevar a cabo un estudio de los factores económicos de las redes de telecomunicaciones existentes, de los requisitos de los actuales y futuros servicios y de las regulaciones y reglamentación de cada región, para decidirse entre una red de tipo HFC-S o una red de tipo HFC-C;
- deben utilizarse las infraestructuras ya existentes y emplear soluciones técnicas ad hoc, siempre que sea posible, para disminuir las repercusiones medioambientales de la nueva red HFC, especialmente en el caso de redes HFC-C.

3 Elementos físicos de las redes híbridas de fibra óptica/cobre

3.1 Elementos ópticos

3.1.1 Cables ópticos

Tanto las redes HFC-S como HFC-C utilizan cables de fibra óptica monomodo en la red de acceso y en la red de transporte.

Debe tenerse en cuenta que:

- en la red de transporte deben utilizarse las fibras ópticas monomodo descritas en UIT-T G.652, G.653, G.654 o G.655. En la red de acceso deben utilizarse las fibras ópticas monomodo descritas en UIT-T G.652 o G.655;
- deben realizarse los estudios correspondientes para dimensionar adecuadamente la capacidad del cable óptico de la red de acceso: se han registrado capacidades de cables entre 100 y 1000 fibras ópticas.

3.1.2 Conectores ópticos

Cualquier conector óptico (IEC) puede utilizarse en la red de transporte y en la red de acceso.

En el caso de transmisiones CATV analógicas hay que tener debidamente en cuenta las pérdidas de retorno de los conectores ópticos para satisfacer los requisitos del sistema.

3.1.3 Amplificadores ópticos

Los amplificadores ópticos se utilizan tanto en la red de transporte como en la red de acceso. El empleo de amplificadores ópticos como sobreamplificadores puede asociarse con las topologías de las redes ópticas con estructura en árbol y con la utilización de divisores ópticos.

3.1.4 Divisores ópticos

En las redes HFC los divisores ópticos utilizan normalmente las topologías de redes ópticas con estructura en árbol junto con el amplificador óptico para ampliar la zona de distribución de un solo transmisor óptico. En las arquitecturas HFC-S PON (redes ópticas pasivas) los divisores ópticos se emplean como dispositivos de ramificación tanto en las centrales como en el propio tendido. Existen relaciones de división desde 1:2 hasta 1:32.

3.2 Elementos eléctricos y de cobre

3.2.1 Redes HFC-S

3.2.1.1 Cables de pares simétricos

En las redes de acceso se utilizan normalmente cables de pares de cobre simétricos con un diámetro entre 0,4 mm y 0,64 mm para distancias entre 100 y 1500 ms. Se emplean capacidades de cables

comprendidas entre 10 y 3000 pares simétricos de acuerdo con los distintos requisitos de la red de acceso.

En los cables de cobre de pares simétricos existentes pueden realizarse estudios y caracterizaciones para verificar que pueden soportar la técnica de transmisión xDSL elegida. Véanse también al respecto las Recomendaciones de la serie G.990.

3.2.2 Redes HFC-C

3.2.2.1 Cables coaxiales

- *Cable coaxial troncal*

En las redes de acceso HFC-C con longitudes comprendidas entre 100 y 500 ms entre el transmisor y el último amplificador se utilizan cables coaxiales troncales de 1 GHz de anchura de banda, 12,7 mm (1/2 pulgada) o 19,05 mm (3/4 pulgada) de diámetro del conductor exterior y 75 ohmios de impedancia.

- *Cable coaxial de distribución*

En las redes de acceso HFC-C con longitudes de enlace típicas entre 50 y 150 ms entre el último amplificador y la terminación de red coaxial se utilizan cables coaxiales de distribución de 1 GHz de anchura de banda, tipos normalizados RG-11 y RG-6 y 75 ohmios de impedancia.

Siempre que sea posible los cables deben elegirse para limitar el número de amplificadores coaxiales. A pesar de su baja flexibilidad mecánica (lo cual puede constituir un problema durante la instalación), los cables coaxiales troncales con un diámetro de conductor externo de 19,05 mm (3/4 pulgada) ofrecen un buen comportamiento con respecto a la atenuación.

3.2.2.2 Conectores coaxiales

Los conectores coaxiales de 15,825 mm (5/8 pulgada) y de tipo F son los que se utilizan normalmente para las terminaciones de cable. Sin embargo, pueden emplearse muchas versiones de conectores distintos de acuerdo con los diferentes tipos, dimensiones y aplicaciones de los cables coaxiales.

Debe realizarse una cuidadosa elección de los conectores para evitar problemas en funcionamiento real debido a causas medioambientales (tales como temperatura, humedad, vibraciones, etc.). En la mayoría de los casos, los conectores coaxiales deben protegerse mediante cubiertas de plástico retráctiles.

3.2.2.3 Divisores coaxiales

Los divisores coaxiales se utilizan normalmente en los puertos de salida de los amplificadores coaxiales (especialmente frente al amplificador del transmisor) para subdividir la señal eléctrica de los distintos cables coaxiales troncales de la red HFC-C. Es común utilizar relaciones de división 1:2, 1:3 y 1:4.

3.2.2.4 Derivaciones coaxiales

Las derivaciones coaxiales se utilizan normalmente en los puertos de salida de los últimos amplificadores o en las redes de distribución coaxial en el interior de los edificios. En el mercado existen muchos tipos y versiones, siendo las más comunes las derivaciones coaxiales con 2, 4, 8 y 16 puertos de salida.

3.2.2.5 Convertidores electro/ópticos y amplificadores coaxiales

Los convertidores electro/ópticos, los amplificadores de transmisión, los ampliadores de línea y los últimos amplificadores se utilizan en las redes HFC-C, respectivamente, para transformar la señal óptica en señal eléctrica, para introducir la señal eléctrica en la red coaxial, para amplificar la señal

eléctrica en el caso de enlaces coaxiales de gran longitud (normalmente más de 500 ms) y para amplificar la señal eléctrica y distribuirla hacia la zona de los usuarios finales. La red coaxial activa de estructura en árbol originada por un solo convertidor electro/óptico se diseña normalmente para dar servicio a un número comprendido entre 100 y 500 usuarios, mediante 3 últimos amplificadores como mínimo y 9 como máximo.

La utilización de ampliadores de línea debe limitarse a los casos de real necesidad.

3.2.2.6 Alimentación de energía

La parte coaxial de la red HFC-C se alimenta a distancia desde el bastidor del amplificador transmisor electro/óptico mediante una fuente de alimentación adecuadamente dimensionada (45-60 Vac y 10-15 amperios son valores típicos).

La fuente de alimentación debe diseñarse de forma que se limiten las repercusiones medioambientales (ruido) en instalaciones urbanas.

4 Instalación

En esta cláusula aparece información general y directrices sobre algunos aspectos particulares de la instalación de cables metálicos que forman parte de redes HFC-S y HFC-C. En las Recomendaciones de la serie L figuran detalles prácticos sobre las instalaciones de los cables de fibra óptica.

4.1 Redes HFC-S

El tipo HFC-S identifica un amplio conjunto de distintas soluciones de redes con el acuerdo con el nivel de penetración de fibra óptica en la red de acceso y de la topología de la red. Por consiguiente, los procedimientos de instalación pueden ir desde una simple instalación de módem ADSL hasta la colocación de nuevos cables ópticos y bastidores unidad de red óptica (ONU, *optical network unit*) en la red de acceso, pudiéndose presentar una amplia variedad de situaciones y posibles problemas.

Hay que tener en cuenta que:

- deben utilizarse las infraestructuras existentes en la medida de lo posible (conductos, registros, etc.);
- deben estudiarse las soluciones técnicas adecuadas para limitar las repercusiones en el medio ambiente de los nuevos bastidores y de las nuevas instalaciones de cables en cuanto a trabajos civiles, ocupación de suelo urbano, efectos visuales, etc.;
- deben estudiarse las soluciones técnicas apropiadas para asegurar la fiabilidad y el mantenimiento de la red HFC-S desde el punto de vista del soporte físico e informático;
- deben estudiarse las infraestructuras existentes para reutilizarlas siempre que sea posible en las redes HFC-S.

4.2 Redes HFC-C

El tipo de redes HFC-C identifica un conjunto de soluciones de redes más restringido. En lo que sigue aparece alguna información y directrices sobre los distintos elementos de la red HFC-C.

4.2.1 Cables coaxiales

Los cables coaxiales troncales normalmente son menos flexibles y más voluminosos que los cables de fibra óptica, por ejemplo. Debido a ello, para evitar cualquier daño en el cable deben utilizarse registros ad hoc, conductos y procedimientos de instalación concretos.

Debe tenerse en cuenta que:

- hay que observar los procedimientos adecuados de tracción, manejo y disposición por capas para evitar que se retuerzan los cables de acuerdo con los radios de curvatura del cable recomendados;
- para la instalación en conducto deben utilizarse los conductos y registros adecuados en los cables troncales. Para una instalación sencilla de cable troncal el diámetro de conducto adecuado oscila entre 36 y 63 mm;
- para la instalación aérea o en muros deben utilizarse los accesorios de cable adecuados (abrazaderas, hilos de acero, amarras, etc.) a fin de soportar y fijar el cable.

4.2.2 Bastidores

El elevado número de bastidores de planta exterior necesarios para los equipos activos es una característica típica de las redes HFC-C.

Los bastidores deben diseñarse adecuadamente para asegurar la gama operativa de los equipos activos de acuerdo con sus características y con las condiciones medioambientales (temperatura, humedad, vibraciones).

Deben estudiarse las soluciones técnicas adecuadas a fin de limitar las repercusiones medioambientales de los bastidores en las zonas urbanas. Es necesario considerar diversas versiones de bastidores para las instalaciones en el suelo, enterradas y aéreas a fin de satisfacer los requisitos concretos de la instalación.

4.2.3 Instalación en interiores

Cabe señalar que la instalación de los equipos para redes HFC-C en el interior de la propiedad del abonado puede presentar problemas en cuanto a la obtención de permisos del usuario.

Debe tenerse en cuenta que:

- hay que utilizar en la medida de lo posible la infraestructura del edificio existente;
- hay que evitar siempre que sea posible la creación de infraestructura adicional para la instalación del cable de derivación;
- los cables y los accesorios deben satisfacer la reglamentación nacional y regional sobre protección contra incendios.

APÉNDICE I

Cuestionario sobre la Cuestión 13/6 Dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre

I.1 Introducción

En este apéndice se resumen los principales resultados del Cuestionario sobre dispositivos de acceso que utilizan las redes híbridas de fibra óptica y cobre. Cinco países (Italia, Japón, España, Suecia y Reino Unido) contestaron al Cuestionario. En el apéndice aparece un informe detallado comparativo de las respuestas de cada país.

I.2 Topología

I.2.1 Descripción general de la red: El proveedor de la red es un operador privado; la red tiene una configuración en estrella, punto a multipunto o en anillo y se extiende por regiones o países.

Normalmente se utilizan todos los tipos de cables indicados y en especial los cables de cobre en Japón y Suecia.

Se emplea tecnología híbrida.

La gama de frecuencias del plan de transmisión varía considerablemente. Es de 54-862 MHz (sentido descendente) y 5-40 MHz (sentido ascendente) en Italia, 50 Mbit/s bidireccional con TDMA en Japón, 86-862 MHz en sentido descendente y 5-55 MHz en sentido ascendente en España, 54 (70,85)-860 MHz en sentido descendente y 5-25 (50,60) MHz en sentido ascendente en Suecia y 10-65 MHz en sentido ascendente y 85-860 MHz en sentido descendente en el Reino Unido.

La transmisión es tanto analógica como digital. Normalmente los servicios ofrecidos son CATV y servicios interactivos.

I.2.2 Topología de la red de transporte: La topología utilizada es una configuración en estrella o en anillo y la tecnología de transmisión es jerarquía digital síncrona (SDH). El medio de transmisión son fibras ópticas y el tipo de cable es por conducto.

I.2.3 Red de acceso: La topología es en estrella o punto a multipunto. El medio de transmisión son fibras ópticas y el tipo de cable es por conducto.

I.2.4 Acceso de abonado: La topología es de estructura en árbol.

El medio de transmisión son pares de cobre, cable coaxial y fibras ópticas. El tipo de cable es por conducto y aéreo. El número de abonados servidos entre el último amplificador y el terminal de red varía entre 60-70 (Italia) y 30-70 (Suecia), siendo en algunos casos de 25 (Reino Unido). En España se han registrado hasta 350 hogares servidos por zona de distribución.

I.2.5 Red en el interior del edificio: La topología es punto a punto o punto a multipunto. Los medios de transmisión son pares de cobre simétricos y/o pares coaxiales y la instalación es por conductos y montada en la pared.

I.3 Construcción del cable

I.3.1 Red de transporte: El tipo de instalación de cable es por conducto y/o aéreo. La fibra óptica utilizada es de tipo monomodo. El diseño de la cubierta del cable de fibra óptica es PKH9E, PKH5E (E: cubierta entera de polietileno, K: hilo de aramida, H9: cinta de acero corrugada, E: cubierta exterior de polietileno, H5: cinta de aluminio), de polietileno o de metal. El diseño del núcleo del cable de fibra óptica es fundamentalmente un tubo flexible o un núcleo ranurado relleno de cables trenzados. El número de fibras por cable es de 12 a 60 (Italia), hasta 300 (Japón), entre 16 y 128 (España), 24F, 48F, 96F (Suecia), 8 (Reino Unido).

I.3.2 Red de acceso: El tipo de cable es normalmente por conducto y si se trata de fibra óptica es una fibra monomodo (SM), siendo el diseño de la cubierta del cable de fibra óptica PKH9E, PKH5E, de polietileno o de metal. El diseño del núcleo del cable de fibra óptica es un tubo flexible o un núcleo ranurado relleno de cables trenzados.

El número de fibras es de 12 a 60 (Italia), hasta 1000 (Japón), entre 2 y 8 por tubo, entre 16 y 128 por cable (España), entre 4 y 24 (cintas de 4 fibras) (Suecia) y 8 (Reino Unido).

I.3.3 Acceso de abonado: El tipo de cable es por conducto o aéreo. El tipo de cable de fibra óptica es con fibra monomodo; el diseño de la cubierta del cable de fibra óptica es EKH9E, de metal o polietileno. El diseño del núcleo del cable de fibra óptica generalmente es un tubo flexible o ranurado con cintas de fibra y el número de fibras es de 5 cintas por ranura (20-40 fibras por ranura) (Italia), hasta 1000 vástagos ranurados y 4 u 8 cintas de fibras ópticas (Japón), 4F-24F (Suecia) y de 8 a 96 (Reino Unido).

En Japón no se utiliza cable coaxial. Por todas partes se emplean cables troncales coaxiales y cables de derivación.

El diámetro del conductor de los cables troncales varía entre 3,15 y 13,7 mm o entre 2,64 a 11,5 mm. La atenuación oscila entre 4,7 y 5,8 dB/100 m.

Los cables de derivación normalmente tienen un diámetro de conducto comprendido entre 1,02 y 4,6 mm y una atenuación de 14,9 ó 9,9 dB/100 m a 450 MHz.

En Italia, los cables troncales cuentan normalmente con cintas soldadas de aluminio sin superposición. Los cables de derivación tienen un conducto exterior de dos capas: la primera es una doble cinta de aluminio que rodea a una capa de poliéster y la segunda es una malla de cobre estañado. A veces se utilizan cables de cobre con superposición (Reino Unido).

I.3.4 Instalación de cables en el interior de edificios: Cuando se utilizan cables ópticos en el interior de edificios (Japón, España, Suecia) se emplean fibras monomodo y cables de derivación coaxiales de las normas RG-6 y RG-11. La longitud de cable normalizada entre el terminal de red y el aparato de televisión oscila entre 10 y 20 ms.

I.4 Componentes para redes CATV

I.4.1 Componentes ópticas para redes CATV: El transmisor óptico utiliza fibras monomodo de 1550 nm con una anchura de banda de hasta 862 MHz y unos 20 canales analógicos y 70 canales digitales de vídeo y audio de televisión (Italia); fibras monomodo, 1310 nm y 1550 nm y una anchura de banda de hasta 862 MHz (España); 1310 ó 1550 nm (Suecia); fibras monodo, 1310 nm y hasta 862 MHz (Reino Unido).

Los amplificadores ópticos utilizan fibras monomodo en la tercera ventana en todos los países.

Los receptores ópticos emplean fibras monomodo en la tercera y segunda ventanas y una anchura de banda de hasta 862 MHz.

Los divisores de fibra utilizan fibras monomodo. Las longitudes de onda son 1310 nm y 1550 nm; en el cuadro que aparece a continuación se indican las relaciones de división adoptadas.

Italia	España	Suecia	Reino Unido
2-4-8-12 salidas	1x8, 1x16, 1x32, 2x4, 2x8, 2x16, 2x32	1x2, 1x4, 1x8, 1x16, 1x32	1x3, 1x4, 1x8 sólo a 1310 nm

I.4.2 Componentes coaxiales para redes CATV: Los conectores utilizados para los cables de derivación son de tipo F con una pérdida de retorno ≥ 30 dB, tipo 5/8, para cables troncales con una pérdida de retorno ≥ 30 dB (Italia). En España, también se utiliza el tipo F junto con el 5/8-24 o EN60169-24 y las pérdidas de retorno son ≥ 30 dB. En Suecia hay problemas con los conectores de baja calidad en la red CATV; las normas adoptadas son las EN50083-2 y EN50083-4. En el Reino Unido se utilizan los conectores coaxiales de tipo F, 5/8 y M14.

Los divisores coaxiales para los cables troncales tienen relaciones de división de 2, 3 ó 4 normalmente.

Los acopladores direccionales tienen relaciones de división de 2, 8 y 12.

Las derivaciones tienen un número de puertos que varía entre 2 y 16 con unas pérdidas de inserción que oscilan, en consecuencia, entre 5,2 dB y 24 dB.

Con respecto a las componentes coaxiales activas existen normalmente tres amplificadores: de transmisión, de extensión y el último amplificador.

I.5 Instalación del cable

I.5.1 Tipo de cable: Por conducto, aéreo e instalación en el interior de edificios (Italia), (Japón), (España), (Reino Unido), para los cables de fibra óptica, coaxiales y de pares de cobre simétricos.

I.5.2 Métodos de instalación: Incluyen normalmente la tracción. También se adopta la técnica de aire comprimido (España, Reino Unido) para los cables ópticos.

I.5.3 Longitudes de instalación: Varían según el país.

En Italia, la longitud de instalación es de aproximadamente 1 a 3 km para los cables ópticos por conducto; los cables ópticos no se utilizan en el interior de edificios. La longitud de la instalación alcanza un máximo de 500 m en los cables coaxiales por conducto y de 100 m en los cables de derivación coaxiales en el interior de edificios. Los cables de pares de cobre simétricos instalados en conducto tienen una longitud típica de 500 m.

En Japón, los cables por conducto tienen una longitud media de 1 km y los cables aéreos de unos 500 ms. La longitud media de los cables en el interior de edificios es de 300 m.

En España, la longitud de la instalación está comprendida entre 1 y 2 km.

En Suecia, la longitud del cable normalmente es de 2 a 4 km en el caso de cables de fibra óptica y de 200 a 300 m en el caso de cables coaxiales.

I.5.4 Método para la instalación aérea: Los métodos son distintos dependiendo del tipo de cable.

En Italia el método es de enrollamiento y amarre para los cables ópticos, instalación en muros para los cables coaxiales y amarre para los cables de pares de cobre simétricos. En los otros países el método normalmente adoptado es el de autosoportado.

I.6 Instalación del bastidor

I.6.1 Utilización del bastidor: Se utiliza un gran número de bastidores para los nodos de fibra, los amplificadores de línea, los últimos amplificadores, los divisores y las tomas exteriores en las redes HFC-C.

I.6.2 Los cables pueden ir instalados en las carreteras, por el aire o en el interior de edificios; dependiendo de las posibilidades pueden ser enterrados o tendidos en el bordillo, en el interior del edificio, en el muro o en el techo.

En el cuadro siguiente se indican las características principales de los bastidores.

	Italia	Japón	España	Suecia	Reino Unido
Dimensión en cm	<ul style="list-style-type: none"> – Bastidores FN: 75x152x32 (en el bordillo)/168x87x83 (enterrado) – Bastidores LE, LA: 75x124x32 (en el bordillo)/90x35x40 (enterrado)/ 71x65x24 (en el edificio) – Tomas: 33x96x29 (en el bordillo)/34x48x25, 33x52x30 (en el edificio) 	60x20x10	distintos tipos	70x90x30	120x100x75
Material	Plástico	Metal	Plástico	Hojas de acero galvanizado	Metal

I.6.3 La compensación térmica es pasiva.

I.6.4 Dependen del tipo de bastidor: Pueden ser fibras ópticas, cables coaxiales y pares de cobre con una configuración rígida o flexible, dependiendo fundamentalmente del tipo de bastidor.

APÉNDICE II

Experiencia en Italia con las redes HFC-C¹

II.1 Introducción

En 1995, Telecom Italia eligió una arquitectura híbrida de cable coaxial y de fibra óptica (HFC-C) para la distribución de los servicios de banda ancha y multimedios en la red de acceso italiana de acuerdo con una técnica de transmisión en banda de paso con multiplexación de subportadora (SCM, *sub-carrier multiplexing*).

El diseño y la construcción de la red HFC-C fueron especialmente complicados en Italia debido a los altos requisitos de calidad exigidos por Telecom Italia y a la variedad de situaciones urbanas y administrativas.

Este apéndice resume las experiencias prácticas y las soluciones particulares más importantes desarrolladas para el proyecto HFC-C desde los puntos de vista del diseñador y el instalador.

II.2 El proyecto HFC-C

Recientemente, la disponibilidad cada vez mayor de los servicios de banda ancha, los requisitos de una mayor calidad para los servicios tradicionales y la liberalización del mercado de telecomunicaciones en Europa han obligado a los operadores a crear nuevas tecnologías de redes de acceso.

En el caso de Telecom Italia, el proyecto HFC-C tiene el objetivo de desarrollar gradualmente una plataforma de red de banda ancha de acuerdo con las tres siguientes fases:

- Fase 1: Distribución y preparación de servicios de vídeo analógicos para la transmisión de vídeo digital.
- Fase 2: Servicios de distribución de vídeo y servicios en línea interactivos multimedios.
- Fase 3: Servicios de distribución de vídeo y servicios interactivos multimedios con integración de los servicios tradicionales de banda estrecha.

En la solución técnica para la fase 1 del proyecto HFC-C (transmisión en banda de paso con multiplexación de subportadora) las señales analógicas y digitales se multiplexan mediante las subportadoras de radiofrecuencia (RF, *radiofrequency*) adecuadamente separadas: la señal resultante modula una portadora óptica que se transmite a los nodos periféricos de la red.

La arquitectura de referencia para la fase 1 del proyecto HFC-C se representa en la figura II.1, de acuerdo con la siguiente clasificación de los nodos:

- *Extremo de cabecera (HE, head end)*: Centro donde las distintas fuentes de la señal de vídeo se procesan y organizan para ponerlas a disposición de la red.
- *Nodo de distribución (DN, distribution node)*: Punto de entrada a la red para los canales procedentes de distintos HE. En el DN, las señales de vídeo se introducen en la banda de

¹ BOTTANELLI (M.), COTTINO (E.): "Building Italian Hfc Broadband Distribution Network: Field experiences and special installation solutions, 46th International Wire and Cable Symposium, Filadelfia (Estados Unidos) – noviembre 17-20 1997.

transmisión disponible mediante multiplexación en frecuencia. Un DN normalmente da servicio a una zona metropolitana y sus suburbios.

- *Nodo local (LN, local node)*: Este nodo de red recibe las señales procedentes del DN y las distribuye a los FN de la zona de distribución urbana.
- *Nodo de fibra (FN, fibre node)*: Este nodo de red convierte la señal óptica en señal eléctrica y la distribuye mediante una red coaxial con estructura en árbol. Un FN normalmente da servicio a unos 400 hogares en la zona de distribución.
- *Último amplificador (LA, last amplifier)*: Se trata del último punto de amplificación antes de la distribución a los abonados. En el caso de niveles de señal bajos (zonas de abonados muy amplias) a menudo es necesario añadir otro punto de amplificación en la red troncal entre el FN y el LA ("amplificador de línea" o "amplificadores de línea").

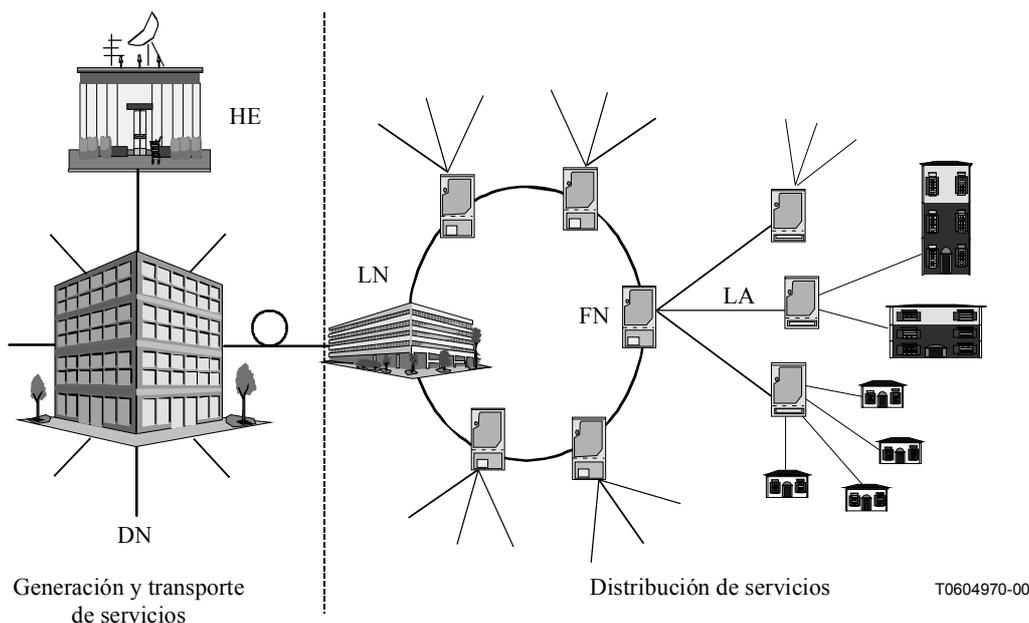


Figura II.1/L.47 – Arquitectura HFC-C para la fase 1 del proyecto

Del HE al DN los canales se transportan mediante enlaces con jerarquía digital síncrona a 34 Mbit/s; del DN al LN la transmisión analógica se lleva a cabo mediante la red regional óptica; del LN al FN se utilizan las fibras ópticas de la red de distribución primaria; por último, del FN al LA y hasta la terminación de red (NT, *network termination*) del abonado, la transmisión se realiza mediante una red coaxial amplificada con estructura en árbol para unas longitudes de enlace máximas de 500 ms, normalmente.

La parte coaxial de la red limita la anchura de banda disponible a 1 GHz de acuerdo con los siguientes objetivos:

- de 5 MHz hasta 30 MHz para la señalización de control de red y la transmisión en sentido ascendente de servicios interactivos;
- de 54 MHz hasta 470 MHz para distribución de vídeo analógico;
- de 470 MHz hasta 862 MHz para la distribución de vídeo digital, telefonía y transmisión de datos;
- desde 862 MHz hasta 1000 MHz la banda está disponible para futuras aplicaciones.

II.3 Infraestructura de la red para Italia

Debieron resolverse diversos problemas para implementar de forma práctica la arquitectura HFC-C descrita, debido a los requisitos de Telecom Italia y a las distintas situaciones urbanas y administrativas que aparecen en Italia.

En el cuadro II.1 figura un resumen en términos muy generales de las tres técnicas básicas de instalación de cables para la red de acceso de acuerdo con sus características de coste, fiabilidad y flexibilidad. Como en el pasado, Telecom Italia ha elegido cable para instalación en conducto con registros de explotación, conexión y distribución. Se trata de la solución más costosa pero también la más fiable y flexible, considerando las necesidades de Italia y la futura evolución de la red.

Cuadro II.1/L.47 – Técnicas de instalación del cable

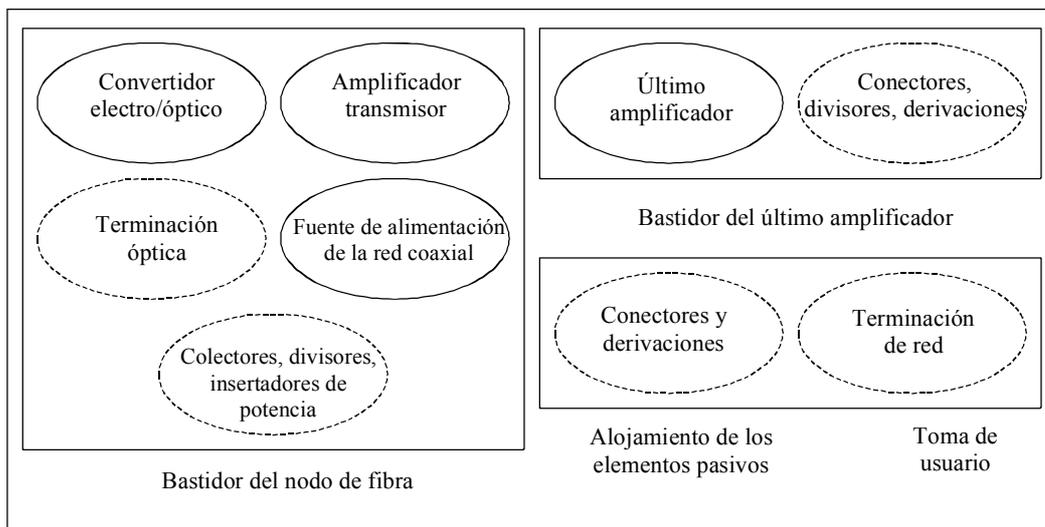
	Coste	Fiabilidad	Flexibilidad
Aéreo	Bajo	Baja	Media
Enterrado	Medio	Media	Baja
Por conducto	Alto	Alta	Alta

Pueden diseñarse arquitecturas HFC-C menos costosas para contextos simplificados aplicando las siguientes soluciones (véase el cuadro II.2):

Cuadro II.2/L.47 – Soluciones para redes HFC-C menos costosas

• Instalación en muros y postes
• Instalación de cables en conductos enterrados a poca profundidad (30 cm)
• Más de un cable en el mismo conducto
• Número y tipología de los bastidores limitados
• Distintos servicios (HFC-C+FTTC) en el mismo bastidor
• Cables gemelos (coaxial y pares trenzados) para conexión del abonado

En todos los casos, la arquitectura HFC-C implica automáticamente la presencia de elementos activos en el montaje. La figura II.2 resume los componentes coaxiales de acuerdo con su bastidor o su alojamiento en la red.



T0604980-00

Figura II.2/L.47 – Elementos y bastidores de la red coaxial

Entre ellos, los elementos que aparecen rodeados de una línea continua son los activos y pueden disipar desde 15 a 35 Vatios (amplificadores de RF) hasta 100-150 Vatios (fuente de alimentación de la red coaxial del FN).

Los bastidores del FN y el LA se instalan normalmente en las acometidas mientras que los alojamientos de los componentes pasivos pueden instalarse tanto en las acometidas como en los edificios de los abonados. La siguiente estimación sencilla puede dar una idea de las repercusiones medioambientales de la red HFC-C: en la zona circular en torno a un FN existen normalmente 6 bastidores de LA y unos 20 alojamientos de componentes pasivos.

Por estas razones, la construcción física de una red de esas características se enfrenta con un gran número de limitaciones, de acuerdo con la morfología del terreno, la distribución de los abonados, los requisitos de la administración, la presencia de monumentos históricos, etc.

Las limitaciones y los requisitos pueden cambiar según las distintas ciudades de forma drástica, de manera que lo que se solicita en algunas zonas puede estar estrictamente prohibido en otras. En el cuadro II.3 se resumen algunos de los requisitos o situaciones típicas de distintas instalaciones de redes HFC-C en Italia.

Cuadro II.3/L.47 – Requisitos de instalación de distintas redes HFC-C

• Únicamente instalación subterránea del LA
• Prohibida la instalación subterránea del LA
• Bastidores del LA en los muros
• Únicamente excavaciones en las cometidas
• Únicamente excavaciones en pendientes
• Prohibidas las excavaciones paralelas
• Excavaciones cruzadas únicamente cerca de los cruces de carreteras
• Utilización de técnicas distintas a las excavaciones
• Es muy recomendable utilizar instalación aérea (Venecia)
• Utilización frecuente de amplificadores de línea

Para satisfacer los distintos requisitos se desarrollaron y experimentaron diferentes soluciones relativas a las técnicas de instalación y a los tipos de emplazamientos de los bastidores. En los puntos siguientes se indican ejemplos de estas soluciones:

- Se adoptaron técnicas de instalación por perforación direccional (figura II.3) aéreas, en postes y en muros para limitar las repercusiones medioambientales de la red HFC-C.

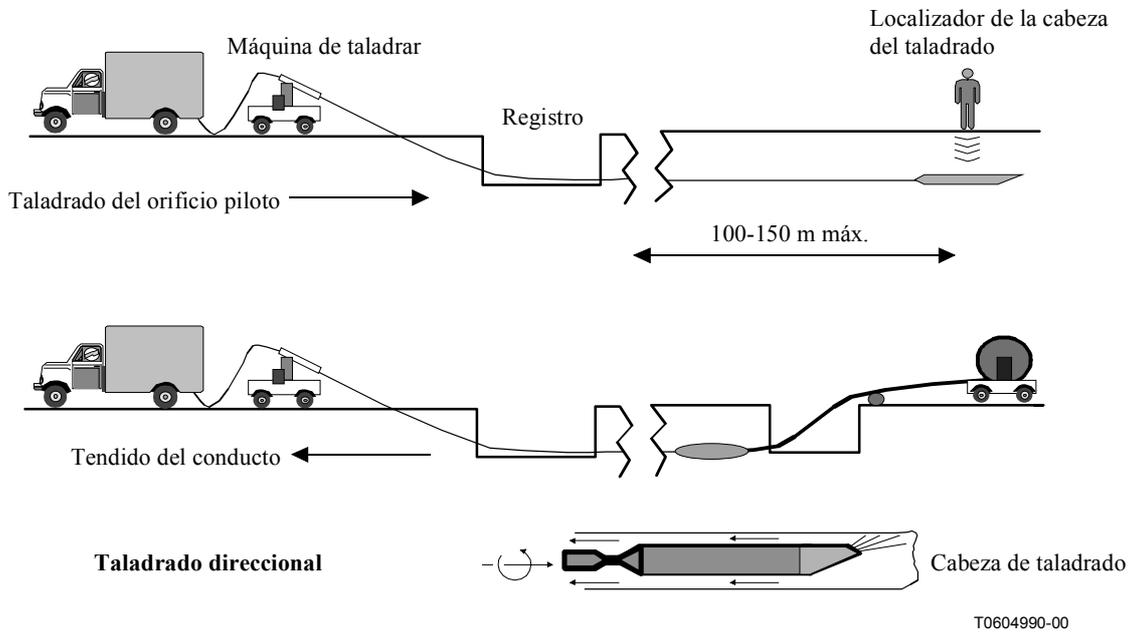


Figura II.3/L.47 – Esquema de la técnica de taladrado direccional

- En la cometa se instalaron los bastidores del FN y el LA a partir de los bastidores de distribución de pares trenzados tradicionales mediante un detenido cálculo y un adecuado diseño de las pantallas de disipación de calor (más de 300 Vatios) por convección natural.
- Se adaptaron 300 pares trenzados en módulos de antiguos bastidores de Telecom Italia para la instalación en edificios de un LA y dos derivaciones.
- Se diseñó un bastidor del LA compuesto moldeado en chapa impermeable y subterráneo (figura II.4) para la instalación en los registros.

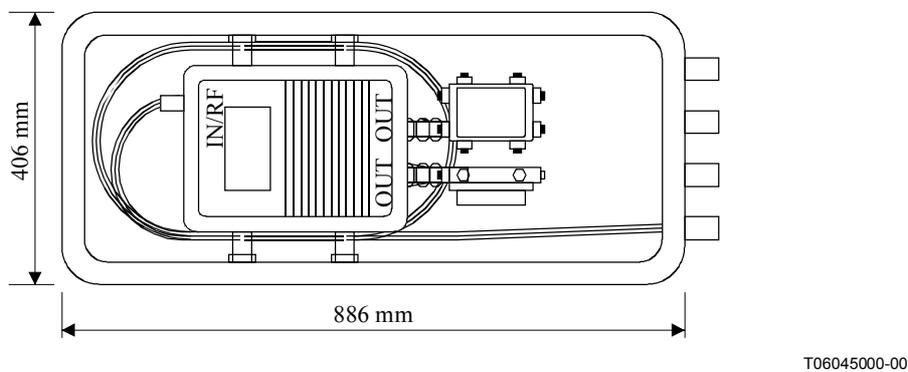


Figura II.4/L.47 – Esquema del bastidor del LA subterráneo

- Por último, se diseñó un bastidor subterráneo del FN.

II.4 Diseño de la red coaxial

La optimización de la infraestructura de la red HFC-C con referencia a los requisitos prácticos es uno de los objetivos básicos del diseño de redes coaxiales. Esta actividad se realiza según los siguientes pasos:

- definición de las conexiones de banda ancha;
- entradas;
- salidas;
- definición de zonas de captación;
- diseño en RF;
- diseño civil;
- lista de materiales;
- esquemas.

En la guía de referencia para el diseño de redes HFC-C de Telecom Italia los locales de usuario se clasificaron de acuerdo con los requisitos de conexión en banda ancha que se resumen en el cuadro II.4.

Esta primera clasificación va seguida de un análisis detallado de los esquemas de los locales horizontales y verticales ("mapas de entrada") en la zona consolidada. Además, mediante los llamados "mapas de salida", se informa al diseñador de la red de las entradas a los edificios, de los lugares adecuados para la instalación de cables y bastidores y de las infraestructuras ya existentes.

Cuadro II.4/L.47 – Clasificación de los locales de usuario

Tipo	Descripción	N.º de líneas de banda ancha
A	Apartamentos, oficinas, tiendas	1
B	Centros comerciales, escuelas, hoteles/residencias de menos de 20 habitaciones	4
C1	Hoteles/residencias de 20-80 habitaciones	40 (1 LA)
C2	Hoteles/residencias de 81-150 habitaciones	80 (2 LA)
D1	Clientes comerciales con más de 400 circuitos	1 FN
D2	Clientes comerciales con 101-400 circuitos	1 FN
D3	Clientes comerciales con 51-100 circuitos	como B o C
D4	Hoteles/residencias con más de 150 habitaciones	1 FN

El diseño de la red coaxial de RF se obtiene normalmente mediante un sistema CAD (diseño asistido por computador (*CAD, computer aided design*)) automático de acuerdo con un enfoque típico de abajo hacia arriba, procediendo de la definición de zonas LA ("definición de zonas de captación") hasta los FN. Partiendo de una base de datos de componentes de RF muy detallada, el diseñador puede dimensionar fácilmente todas las partes de la red coaxial para asegurar al menos un nivel de señal eléctrica de 12 dBmV en el terminal de red del abonado.

Para conectar los FN a los LA y los LA a las derivaciones se utilizan cables troncales de aluminio de 15,8 mm (.625 pulgada) y 19,1 mm (.750 pulgada) y para el cableado en los locales de abonado se utilizan cables de derivación del tipo 6 y del tipo 11. La disponibilidad de distintos tipos de cables y atenuaciones permite minimizar el número de amplificadores en línea de RF en la red.

El diseño civil sigue inmediatamente al de RF: el operador del CAD debe elegir los bastidores, los registros y la tipología y emplazamientos de los conductos explotando las infraestructuras ya existentes en la medida de lo posible.

Por último, el sistema CAD puede extraer automáticamente del diseño de la red la lista de materiales y preparar la documentación solicitada (planimetrías coaxial y civil).

II.5 Evolución hacia las redes ópticas

Con referencia a futuros desarrollos, conviene considerar las siguientes consecuencias del proyecto:

- introducción de tecnologías de transmisión de servicios de banda ancha en la red de acceso de Italia;
- disposición de infraestructuras para una posible futura expansión de la red hacia los nuevos tipos de arquitecturas (por ejemplo, HFC-S).

Si bien el primer aspecto está directamente relacionado con la misión del proyecto, la segunda presenta riesgos que no deben subestimarse.

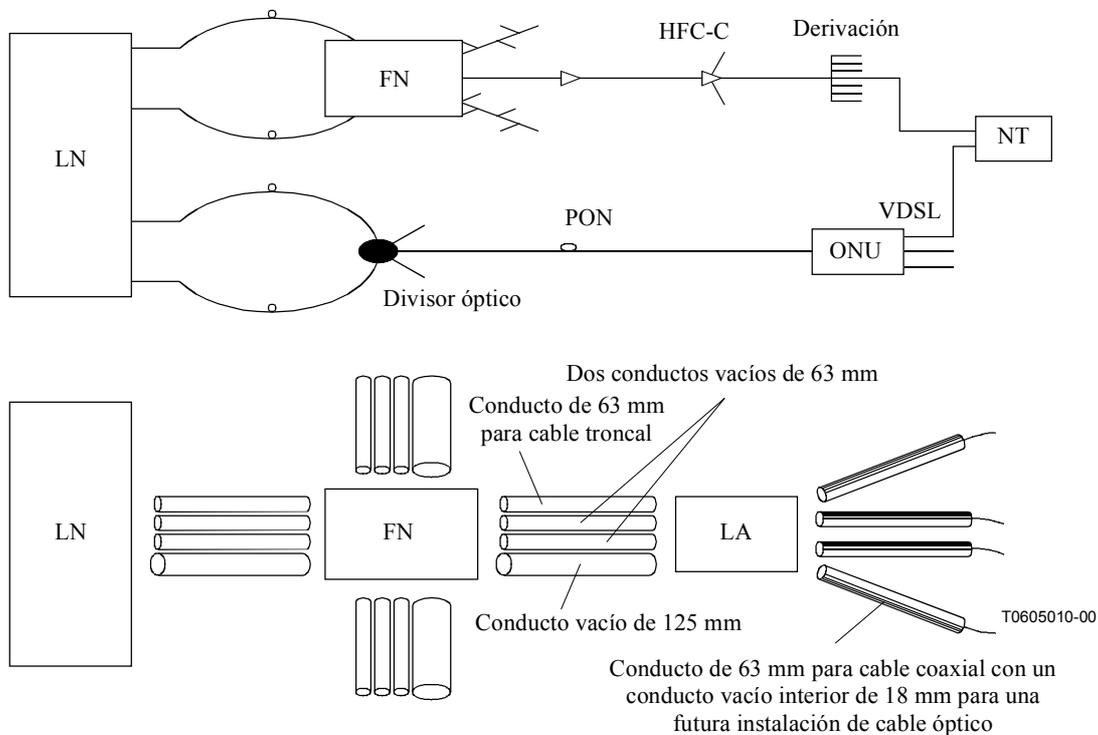


Figura II.5/L.47 – Evolución hacia las redes ópticas: HFTTB

La figura II.5 ilustra un ejemplo de la posible evolución del proyecto (arquitectura de fibra híbrida hasta el edificio). En este caso, la infraestructura HFC-C se compara con un experimento de posible futura red óptica pasiva (PON, *passive optical network*) como un primer paso hacia la integración de todos los servicios.

La infraestructura HFC-C estaba de hecho concebida para soportar una red óptica pasiva con divisores ópticos situados cerca de los bastidores FN. De los bastidores FN a los bastidores LA y para cada red HFC-C directora, se prepararon dos conductos vacíos de 63 mm y uno de 125 mm para futuras aplicaciones. Además, desde el LA hasta los locales de abonado se equipó a cada conducto de 63 mm de cable coaxial con un conducto vacío de 18 mm de diámetro interior para la futura instalación de cable óptico.

Con referencia a la figura II.5, del LN al FN, la red HFC-C y la PON comparten el mismo anillo de cable óptico sobre distintas fibras; del FN a los locales de usuario se apoyan en la misma infraestructura; por último, las dos redes se adaptan a la toma de usuario. Los servicios de distribución de banda ancha se transmiten por la red HFC-C; los servicios interactivos tradicionales y de banda ancha pueden integrarse y transmitirse en la PON.

APÉNDICE III

Experiencia en Indonesia con redes HFC-C Dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre

III.1 Introducción

Este apéndice explica las diversas especificaciones técnicas y eléctricas para la implementación de redes HFC-C en Indonesia y se refiere al Cuestionario sobre dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre para la Cuestión 13/6. Algunos cuadros y sus leyendas se han introducido para aclarar la información.

III.2 Consideraciones básicas

La red HFC-C fue una tecnología de red de acceso alternativa para soportar servicios de banda ancha y multimedia interactivos con varias consideraciones. Las razones más importantes para introducir la tecnología HFC-C en Indonesia fueron las siguientes:

- La red óptica se instaló como red básica para establecer la conexión entre dos centrales. Esta red podría utilizarse como red troncal en la HFC-C a fin de conectar el extremo de cabecera con el centro de distribución.
- En varios hoteles ya disponían de redes coaxiales sencillas que podían utilizarse para aplicaciones HFC-C.
- Había una gran demanda para la distribución de televisión, servicios de Internet y multimedia interactivos, especialmente en zonas residenciales, urbanizaciones y hoteles.
- La red HFC-C podía ser la gran solución para las futuras necesidades de banda ancha y las nuevas tecnologías.

HFC-C ofrece varios tipos de servicios multimedia y comunicaciones básicas, entre otras:

- Telefonía (convencional)
- Radiodifusión de televisión analógica
- Radiodifusión de televisión digital
- Internet rápido
- Servicios por demanda: vídeo a la carta (VOD, *video on demand*), música por demanda (MOD, *music on demand*), karaoke por demanda (KOD, *karaoke on demand*).
- Multimedia interactivos.

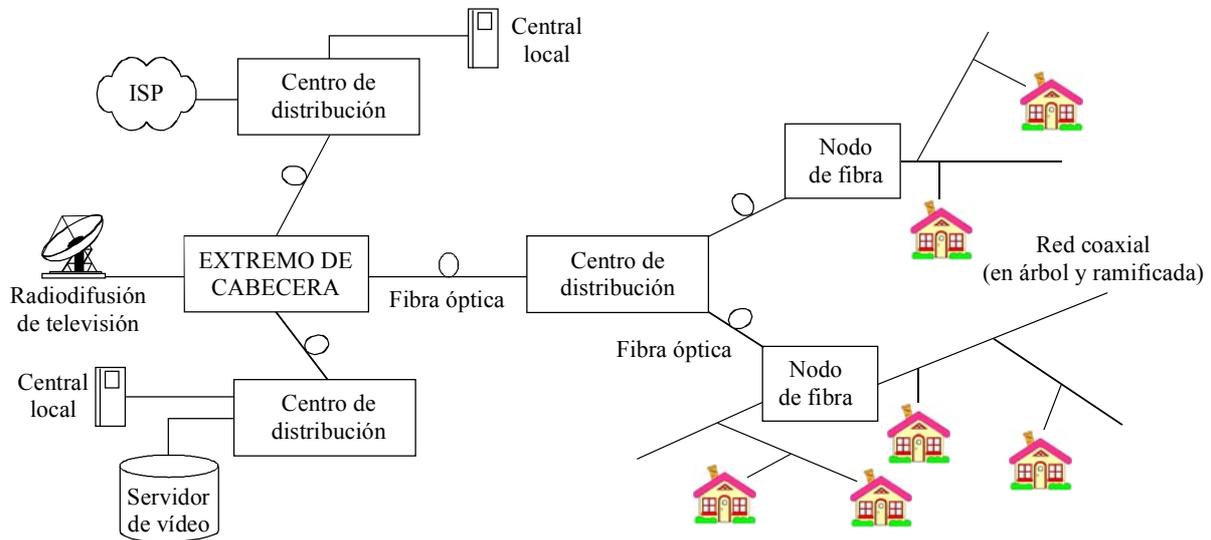
III.3 Topología de la red

III.3.1 Topología de la red de transporte

La topología utilizada es una configuración en anillo y la tecnología de transmisión es jerarquía digital síncrona. El medio de transmisión son fibras ópticas y normalmente la instalación del cable es por un sistema de conductos.

III.3.2 Topología de la red de acceso

La zona de demarcación entre la red de transporte y la red de acceso es el extremo de cabecera. Desde el extremo de cabecera hasta el lado de abonado se denomina red de acceso (figura III.1). El medio de transmisión desde el extremo de cabecera hasta el nodo de fibra utiliza fibras ópticas y desde el nodo de fibra hasta el lado de abonado se emplea la red coaxial.

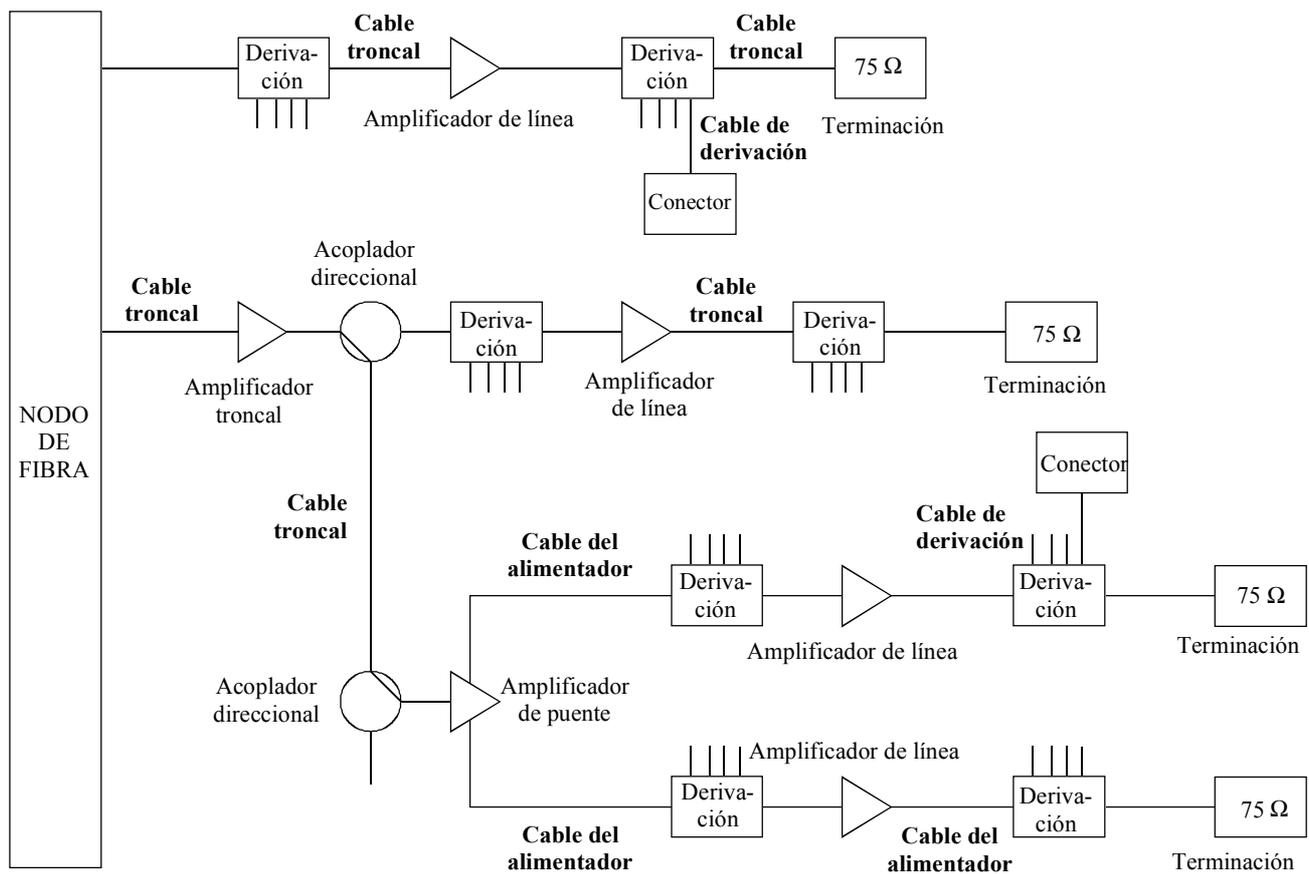


T0605020-00

Figura III.1/L.47 – Topología de la red de acceso

III.3.3 Topología de la red coaxial

La topología de la red coaxial es en árbol y ramificada (figura III.2). El tipo de cable es aéreo y por conductos. Normalmente cada nodo de fibras soporta unas 500 tomas domésticas y la capacidad de cada nodo de fibra en cuanto a dichas tomas domésticas depende de los servicios que se ofrecerán al abonado.



T0605030-00

Figura III.2/L.47 – Topología de la red coaxial

III.4 Construcción del cable

III.4.1 Cableado óptico

El transmisor óptico utiliza fibras monomodo de 1310 nm y 1550 nm. La especificación del cable es la G.652. La red de fibra de distribución puede ser punto a punto y punto a multipunto. En la configuración punto a multipunto la división de la fibra se realiza mediante un divisor pasivo óptico de relación 1: n.

III.4.2 Cableado coaxial

El cable coaxial se dividió en cable troncal/alimentador y cable de derivación.

- El cable troncal/alimentador que recomendó TELKOM fueron cables de diáms de 0,500; 0,625; 0,750; 0,875 y 1,0 pulgadas.
- Para los cables de derivación se recomendaron los tipos RG-6, RG-11 y RG-59.

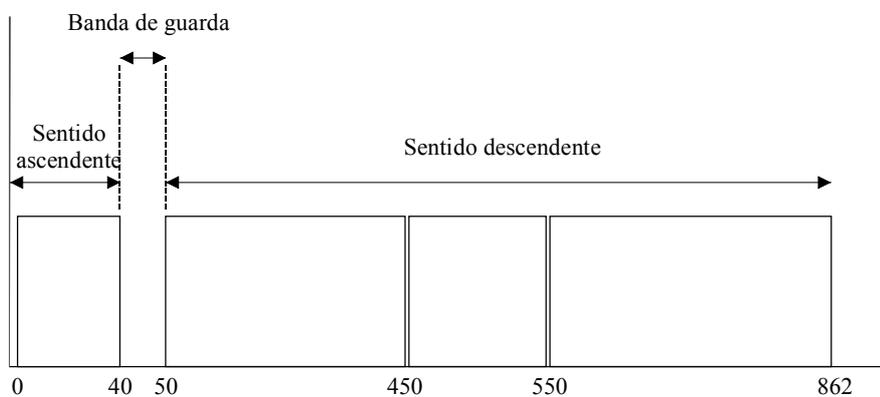
Si consideramos la función de aplicación del cable, los tipos de cable coaxial son: cable enterrado directamente, cable por conducto y cable aéreo. TELKOM no recomendó utilizar cable siamés para el cable coaxial doble pero fue posible emplear pares gemelos a efectos de potencia.

En la aplicación, la selección de tipo de cable normalmente vino determinada por la condición del límite de la zona de la toma doméstica. Si el límite para la red troncal/del alimentador era muy

amplio, se escogía un cable troncal/alimentador con diámetro grande porque dicho tipo de cable presenta menos pérdidas. En caso de condiciones especiales en el lado de abonado, como por ejemplo la existencia de un exceso de ruido e interferencia, fue más adecuado utilizar cable de derivación con dobles protecciones (triple o cuádruple apantallamiento). Normalmente, la extensión de la red coaxial era de 1 km² a 2 km².

III.5 Atribución de anchura de banda

Al principio de la implementación de HFC-C, la atribución de anchura de banda normalizada por TELKOM fue de hasta 862 MHz (véase la figura III.3). Era posible aumentar la anchura de banda hasta 1 GHz para futuros servicios en caso necesario. La anchura de banda recomendada en sentido ascendente fue de 40 MHz que podía aumentarse en caso de existir servicios adicionales en sentido ascendente. La banda de guarda entre los sentidos ascendente y descendente recomendada fue de 10 MHz.



T0605040-00

Figura III.3/L.47 – Atribución de anchura de banda para el sistema HFC-C

- Desde 0 hasta 40 MHz:
Para telefonía, comunicaciones de datos en sentido ascendente, señal de control para vídeo por demanda y señal de gestión.
- Desde 40 MHz hasta 50 MHz:
Banda de guarda entre los sentidos ascendente y descendente.
- Desde 50 MHz hasta 450 MHz:
Para radiodifusión de televisión analógica y radiodifusión sonora con modulación de frecuencia.
- Desde 450 MHz hasta 550 MHz:
Para radiodifusión de televisión digital (pago por canal, pago por visión y casi vídeo por demanda).
- Desde 550 MHz hasta 862 MHz:
Para telefonía, comunicaciones de datos, vídeo por demanda real.

III.6 Configuración del sistema

En la figura III.4 aparece una configuración común de la red HFC-C. TELKOM recomendó utilizar solamente una cabecera de extremo para toda la red HFC-C en un emplazamiento. Por ejemplo, para Yakarta, Bandung y Surabaya, que son grandes ciudades, TELKOM consideró conveniente que sólo hubiera una sola cabecera en cada ciudad. La red óptica desde la cabecera a la distribución podría suponer unos 30 km, también para la red óptica hasta el lado de fibra. La configuración del sistema en el centro de distribución dependía de las disposiciones del suministrador del servicio. Si éste sólo ofrecía una aplicación Internet, no era necesario instalar cabecera de telefonía por cable ni cabecera de vídeo interactivo en el centro de distribución. El suministrador del servicio simplemente proporciona la cabecera de datos del cable que se conecta al ISP o al servicio de fuente de datos y ofrece el módem del cable al usuario, sin adaptador multimédios (STB, *set top box*). Ello sería posible si en la red no hubiese centro de distribución sino simplemente la cabecera terminal o si el centro de distribución y la cabecera terminal se encontrasen en el mismo emplazamiento en un sistema.

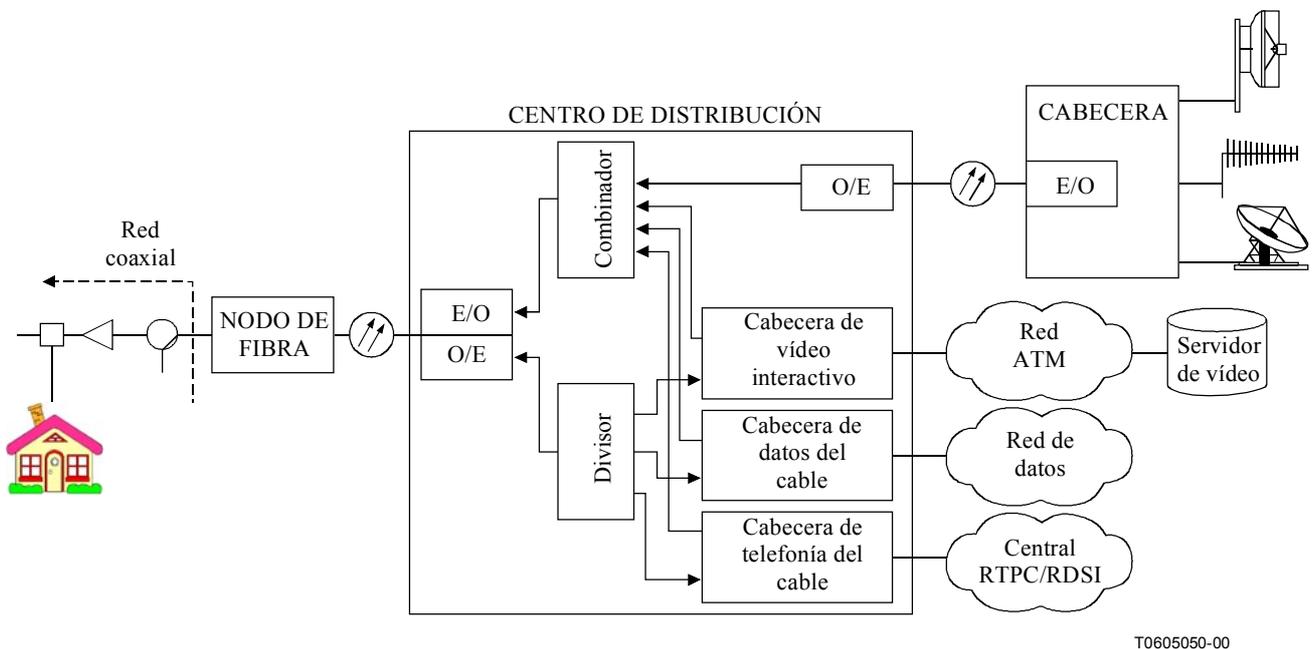


Figura III.4/L.47 – Configuración del sistema HFC-C

III.6.1 Cabecera

La cabecera ha funcionado como centro de los servicios de radiodifusión de televisión, tanto para televisión analógica como para televisión terminal. Para uno de los servicios de zona HFC-C, TELKOM recomendó un emplazamiento en la cabecera para todos los abonados/tomas domésticas. La cabecera se conectaría a uno o varios centros de distribución. La fuente del servicio para la radiodifusión de televisión procede de la televisión por satélite, la televisión local y la televisión terrenal digital por microondas.

III.6.2 Centro de distribución

El centro de distribución combinó los servicios de radiodifusión de televisión desde la cabecera a otros servicios dependiendo de la aplicación en dicha área. Los servicios podían ser los de vídeo por demanda desde un servidor de vídeo, Internet conectado a un ISP y telefonía desde la central local. El centro de distribución podía situarse en varios emplazamientos de la central local. También era

posible ubicar la cabecera y el centro de distribución en el mismo emplazamiento (coubicación). Normalmente, la cabecera de distribución utilizaba redes ópticas básicas/de unión ya empleadas para la conexión entre dos centrales. Casi todas las grandes ciudades de Indonesia ya utilizaban redes ópticas como conexión de unión.

Además de ello, otra consideración fue la capacidad de acceso al emplazamiento del IPS y al acceso a la PBX o a la ubicación de la central. La consideración sobre si TELKOM actuaría únicamente como suministrador de la red o como proveedor del servicio cambiaría toda la configuración del sistema. Especialmente si el límite entre el suministrador de la red y el proveedor del servicio se encontraba en el centro de distribución o empezaba a partir de los dispositivos optotransceptores del combinador, si TELKOM actúa simplemente como suministrador de la red.

III.6.3 Nodo de fibra

El nodo de fibra como componente activo tenía la función de convertir la señal de radiofrecuencia en señal óptica o viceversa. Normalmente se diseñó un nodo de fibra para un número de tomas domésticas comprendido entre 500 y 1000 dependiendo del tipo de servicios que iban a ofrecerse y de la forma de agrupación de los abonados.

El número de ramas de salida de cada nodo de fibra debía ser un máximo de 3, teniendo cada una de ellas una salida de alto nivel o de bajo nivel. La salida de alto nivel normalmente se utilizó para las tomas domésticas de gran tamaño muy alejadas del nodo de fibra y también para la red de distribución y la salida de bajo nivel se empleó para tomas domésticas cerca del nodo de fibra y no de gran tamaño. La salida de alto nivel era de aproximadamente 47 dBmV y la de bajo nivel de unos 32 dBmV. La incorporación de las ramas de salida podía hacerse mediante un divisor o un acoplador direccional.

III.6.4 Amplificador (componente activo)

TELKOM normalizó tres tipos de amplificadores según sus funciones; a saber, amplificador troncal, amplificador de puente y ampliador de línea. Cada tipo de amplificador tenía también distintas ramas de salida. Normalmente el amplificador troncal contaba simplemente con una entrada y una salida y el amplificador de puente con dos salidas. Un parámetro importante de la característica del amplificador era el ruido o la distorsión. Por consiguiente, TELKOM recomendó un número máximo de cuatro amplificadores conectados en cascada, ya se tratase de amplificadores similares o de amplificadores distintos en una sola ruta (figura III.5).

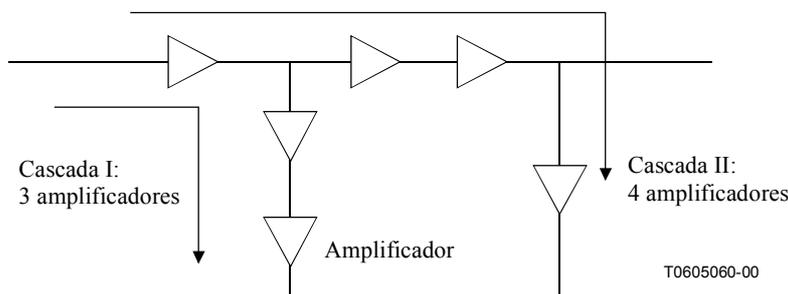


Figura III.5/L.47 – Amplificador en cascada

III.6.5 Componente pasivo

Los componentes pasivos contenían tres componentes, el primero era una derivación como componente de división de la señal del cable de derivación al lado de abonado; el segundo era el divisor y el último un acoplador direccional para dividir la señal introduciendo algunas pérdidas.

- Había 3 tipos de divisor normalizado por TELKOM: de 2 vías, de 3 vías y de 3 vías desequilibrado.
- En cuanto al acoplador direccional había de 3 tipos: DC 8 dB, DC 12 dB y DC 16 dB.
- Había 3 tipos de tomas normalizadas por TELKOM: 2 vías de salida, 4 vías de salida y 8 vías de salida con pérdidas de inserción entre 8 dB y 29 dB.

La consideración que se tuvo en cuenta para determinar el máximo de 8 salidas por derivación fue la distancia del cable de derivación desde la toma al lado de abonado. Se estimó que para la configuración del cable de derivación la longitud en estrella o recta de dicho cable desde la derivación al lado de abonado no debía ser más de 100 ms. Es sabido que las pérdidas del cable de derivación para una configuración en estrella o recta (figura III.6) son muy altas, aproximadamente de 10 dB a 12 dB cada 100 ms; en comparación con el cable troncal/alimentador que únicamente presentan unas pérdidas de 3 dB cada 100 ms. Con derivaciones de 8 vías, idealmente esta derivación puede utilizarse como máximo únicamente para 4 acometidas domésticas a los lados derecho e izquierdo. Las urbanizaciones y los hoteles constituyen casos especiales pues los conectores no son modelos similares a los utilizados en zonas residenciales.

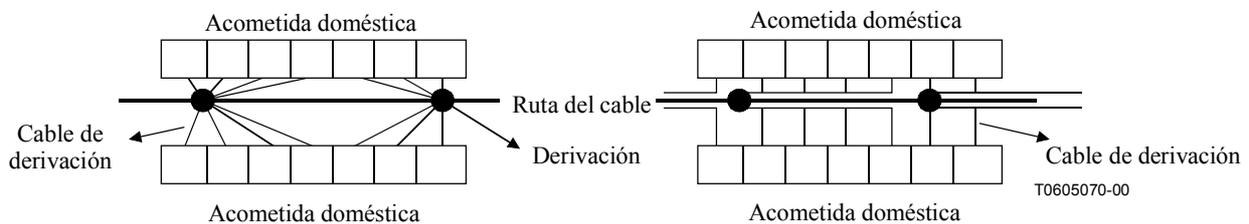


Figura III.6/L.47 – Conexión del cable de derivación a la acometida doméstica

III.7 Sistema de alimentación

La alimentación eléctrica enviada al nodo de fibra oscilaba entre 60 y 90 V ac y 10 a 15 Amperios. Para suministrar una potencia al amplificador había dos métodos: sistema de distribución o centralizado. El primero era más complejo porque debían localizarse varios insertadores de potencia para todos los amplificadores y gestionar el flujo de potencia bloqueando los equipos de potencia en algunos amplificadores para evitar que un amplificador extrajese potencia de alguna fuente de alimentación. Por otro lado, el sistema centralizado era más sencillo puesto que proporcionaba potencia desde su emplazamiento, normalmente junto al bastidor de nodo de fibra.

III.7.1 Sistema de alimentación en el cable coaxial

- a) Utilización de cables siameses (combinado con pares trenzados, véase la figura III.7)

La potencia se entregaba al par trenzado y no al cable coaxial. Normalmente había algunas unidades distribuidoras de potencia (PDU, *power distributed unit*) en la derivación para entregar la potencia al cable de derivación.

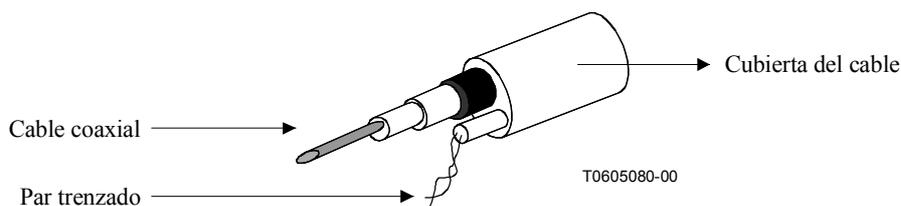


Figura III.7/L.47 – Cable siamés para la alimentación

- b) Utilización de un solo cable (en el propio coaxial)

Este método presenta el problema de que el efecto de corrosión es superior en el conductor debido a que éste se calienta más a causa del sistema de alimentación.

III.8 Planta exterior (OSP, *outside plant*)

III.8.1 Postes

Como la red coaxial era nueva en Indonesia, la ruta del cable coaxial podía tenderse en una ruta similar a la de la red de cables de cobre o en una ruta distinta. Para aplicación aérea podían utilizarse los mismos postes que para telefonía, los postes de energía o postes distintos, dependiendo de la condición y reglamentación en cada país. La distancia mínima entre el cable coaxial y el cable de energía era de 30 cm y el cable coaxial debía encontrarse por debajo del cable de energía. Esta reglamentación consideraba a los cables en malas condiciones como factor de interferencia. Todos los amplificadores debían encontrarse en el poste y no entre postes, salvo los componentes pasivos tales como los divisores y las derivaciones, que podían situarse en medio de la ruta.

III.8.2 Bastidores

Todos los amplificadores y componentes pasivos en los cables directamente enterrados o en los cables por conducto se instalaron en bastidores o pedestales. Los bastidores estaban fabricados por materiales con una alta resistencia al calor y soportado por componentes de fibra de vidrio. Los requisitos físicos de estos bastidores eran similares a los de otros bastidores utilizados para los cables de cobre o unidades de redes ópticas, en los que se exige un material de alta calidad, fuerte resistencia a la corrosión, impermeabilización, protección contra la nieve y ventilación para evitar el proceso de condensación. Los bastidores debían presentar una resistencia de toma de tierra no superior a 3 ohmios. El sistema de alimentación para el nodo de fibra en el bastidor tenía baterías como sistema de reserva. El divisor para las ramificaciones en el nodo de fibra debía situarse dentro del bastidor o directamente fuera del amplificador del nodo de fibra. Los bastidores también debían contar con un pilar de protección contra los impactos por choque.

III.9 Normalización

TELKOM publicó algunos documentos sobre normalización de los componentes y sistemas y también unas directrices de instalación para la implementación de la tecnología HFC-C. Todas las normas contenían reglas y requisitos sobre los aspectos técnicos y eléctricos para cada dispositivo y sistema. A continuación aparecen las normas completas para el sistema HFC-C publicadas por la División de Investigación y Desarrollo de PT TELKOM. Junto con el proceso, este documento podía editarse y corregirse de acuerdo con los desarrollos tecnológicos e indicando el método de modificación.

- a) CIU (Unidad de interfaz de abonado) – HFC.
- b) STB (adaptador multimedios) – HFC.
- c) Módem del cable – HFC.
- d) Cable coaxial – HFC.
- e) Componentes pasivos – HFC.
- f) Amplificador – HFC.
- g) Nodo de fibra – HFC.
- h) CABECERA – HFC.
- i) Telefonía por cable – HFC.
- j) Encaminador del cable – HFC.
- k) Normalización del sistema de HFC.

- l) Directrices de instalación de la red coaxial.

III.10 Instrumento de planificación de la red coaxial

La División de Investigación y Desarrollo de PT TELKOM elaboró las herramientas informáticas necesarias para ayudar al proceso de planificación y al diseño de la red, especialmente la red coaxial. Este soporte lógico se denominó "TelCoNet" para referirse a las herramientas de planificación de TELKOM Coaxial Network (red coaxial de TELKOM). Este programa informático ayuda en el proceso de diseño y en la planificación de la red. A continuación se indican algunas de las características del mismo:

- 1) Establece el mapa de localización, pues los dibujos de partida pueden ser en forma de fichero de puntos (bmp, jpeg, tif) o vector en formato CAD (dwg).
- 2) Calcula el nivel de la señal en sentido descendente y en sentido ascendente desde el nodo de fibra hasta el punto de demarcación en el lado de abonado.
- 3) Calcula el ruido y la distorsión que aparecen tales como segundo orden compuesto (CSO, *composite second order*), triple batido compuesto (CTB, *composite triple beat*), modulación cruzada (XMOD, *cross modulation*) y modulación por zumbido.
- 4) Calcula el consumo de potencia tanto en el caso de sistema de alimentación distribuida como en el de alimentación centralizada.
- 5) Realiza una estimación cuantitativa (BoQ) de toda la infraestructura del cable, amplificadores y componentes pasivos.
- 6) Calcula el presupuesto total que debe invertirse para adquirir toda la infraestructura de la red.

III.11 Componentes de las redes coaxiales HFC-C

Divisor: a) Relación de división b) Número de puertos de salida c) Pérdidas de inserción d) Modulación por zumbido e) Paso de potencia	a) Relación de división: 1/2; 1/3; 1/3 desequilibrada b) Número de puertos de salida: 2 ó 3 c) Pérdidas de inserción en divisores de 2 vías: (máximo) 4,1 a 5,5 dB d) Pérdidas de inserción en divisores de 3 vías: (máximo) 7,8 a 9,2 dB e) Mínima modulación por zumbido 70 dB f) Paso de potencia: 10 Amperios
Acoplador direccional: a) Relación de división b) Pérdidas de inserción c) Directividad d) Modulación por zumbido e) Paso de potencia	a) Relaciones de división: 8 dB, 12 dB y 16 dB b) Pérdidas de inserción de c.c. 8 dB: (máximo) 2,2 a 4 dB Pérdidas de inserción de c.c. 12 dB: (máximo) 1,5 a 3,3 dB Pérdidas de inserción de c.c. 16 dB: (máximo) 2,0 a 3,3 dB c) Directividad: se está considerando d) Mínima modulación por zumbido 70 dB e) Paso de potencia: 10 amperios

Derivaciones:	
a) Número de puertos	– Número de puertos: salidas de 2, 4 y 8 vías
b) Pérdidas de inserción	– Pérdidas de inserción en derivaciones de 2 vías: (máximo) 0,7 a 5,5 dB Pérdidas de inserción en derivaciones de 4 vías: (máximo) 0,7 a 5,5 dB Pérdidas de inserción en derivaciones de 8 vías: (máximo) 0,8 a 5,5 dB
c) Pérdidas de retorno	– Pérdidas de inserción en derivaciones de 2 vías: (mínimo) 16 a 20 dB Pérdidas de inserción en derivaciones de 4 vías: (mínimo) 16 a 20 dB Pérdidas de inserción en derivaciones de 8 vías: (mínimo) 16 a 20 dB
d) Aislamiento entre partes	– Pérdidas de inserción: mínimo de 18 dB
e) Paso de potencia	– Paso de potencia: 6 amperios
Amplificador	– Amplificador troncal – Amplificador de puente – Amplificador extensor de línea
Sistema de alimentación	– Sistema distribuido o sistema centralizado – 60 a 90 V c.a. – Paso de potencia: máximo 15 Amperios – Batería de reserva
Materiales	– Los recintos deben sellarse de manera que sean impermeables y queden protegidos contra la humedad. – Los componentes deben funcionar en temperaturas desde 10° C a 50° C. – Los componentes deben tener protección contra la interferencia electromagnética (mínimo, –100 dB) – Los componentes deben resistir una presión de agua de 10 psi como mínimo de 60 segundos dentro del agua. – Valor mínimo de la modulación por zumbido: 70 dB – Paso de potencia: 10 Amperios

III.12 Leyenda

Para normalizar los textos en cuanto al concepto, la División de Investigación y Desarrollo publicó la siguiente leyenda relativa a la red coaxial. Esta leyenda debe utilizarse en los procesos de planificación y diseño, especialmente al trazar la red. La leyenda también fue utilizada en el programa informático TelCoNet.

	Nodo de fibra		Derivación de 2 vías de salida (Pérdidas en la derivación 14 dB)
	Amplificador troncal		Derivación de 2 vías de salida (Pérdidas en la derivación 17 dB)
	Amplificador de puente		Derivación de 2 vías de salida (Pérdidas en la derivación 20 dB)
	Amplificador extensor de línea		Derivación de 2 vías de salida (Pérdidas en la derivación 23 dB)
	Divisor de 2 vías		Derivación de 2 vías de salida (Pérdidas en la derivación 26 dB)
	Divisor de 3 vías		Derivación de 2 vías de salida (Pérdidas en la derivación 29 dB)
	Divisor de 3 vías desequilibrado		Derivación de 4 vías de salida (Pérdidas en la derivación 11 dB)
	Acoplador direccional de 8 dB		Derivación de 4 vías de salida (Pérdidas en la derivación 14 dB)
	Acoplador direccional de 12 dB		Derivación de 4 vías de salida (Pérdidas en la derivación 17 dB)
	Acoplador direccional de 16 dB		Derivación de 4 vías de salida (Pérdidas en la derivación 20 dB)
	Derivación de 2 vías de salida (Pérdidas en la derivación 8 dB)		Derivación de 4 vías de salida (Pérdidas en la derivación 23 dB)
	Derivación de 2 vías de salida (Pérdidas en la derivación 11 dB)		Derivación de 8 vías de salida (Pérdidas en la derivación 23 dB)
	Derivación de 4 vías de salida (Pérdidas en la derivación 26 dB)		Derivación de 8 vías de salida (Pérdidas en la derivación 26 dB)
	Derivación de 4 vías de salida (Pérdidas en la derivación 29 dB)		Derivación de 8 vías de salida (Pérdidas en la derivación 29 dB)
	Derivación de 8 vías de salida (Pérdidas en la derivación 14 dB)		Terminador
	Derivación de 8 vías de salida (Pérdidas en la derivación 17 dB)		CIU (Unidad de interfaz de abonado)
	Derivación de 8 vías de salida (Pérdidas en la derivación 20 dB)		

T0605090-00

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsimil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación