



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**L.15**

(03/93)

**CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y PROTECCIÓN  
DE LOS CABLES Y OTROS ELEMENTOS  
DE PLANTA EXTERIOR**

---

**REDES DE DISTRIBUCIÓN LOCAL DE FIBRA  
ÓPTICA – FACTORES QUE HAN DE  
CONSIDERARSE PARA SU CONSTRUCCIÓN**

**Recomendación UIT-T L.15**

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

---

## PREFACIO

El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El UIT-T tiene a su cargo el estudio de las cuestiones técnicas, de explotación y de tarificación y la formulación de Recomendaciones al respecto con objeto de normalizar las telecomunicaciones sobre una base mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se reúne cada cuatro años, establece los temas que habrán de abordar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que preparan luego Recomendaciones sobre esos temas.

La Recomendación UIT-T L.15, preparada por la Comisión de Estudio VI (1988-1993) del UIT-T, fue aprobada por la CMNT (Helsinki, 1-12 de marzo de 1993).

---

## NOTAS

1 Como consecuencia del proceso de reforma de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el CCITT dejó de existir el 28 de febrero de 1993. En su lugar se creó el 1 de marzo de 1993 el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T). Igualmente en este proceso de reforma, la IFRB y el CCIR han sido sustituidos por el Sector de Radiocomunicaciones.

Para no retrasar la publicación de la presente Recomendación, no se han modificado en el texto las referencias que contienen los acrónimos «CCITT», «CCIR» o «IFRB» o el nombre de sus órganos correspondientes, como la Asamblea Plenaria, la Secretaría, etc. Las ediciones futuras en la presente Recomendación contendrán la terminología adecuada en relación con la nueva estructura de la UIT.

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

© UIT 1994

Reservados todos los derechos. No podrá reproducirse o utilizarse la presente Recomendación ni parte de la misma de cualquier forma ni por cualquier procedimiento, electrónico o mecánico, comprendidas la fotocopia y la grabación en micropelícula, sin autorización escrita de la UIT.

## ÍNDICE

	<i>Página</i>
1 Alcance .....	1
2 Abreviaturas .....	1
3 Concepto de capas dentro de una arquitectura de red.....	1
3.1 Clasificación de las capas.....	1
4 Cable de fibra óptica.....	2
5 Componentes ópticos pasivos.....	2
6 Instalación y mantenimiento de redes.....	3
7 Alimentación de energía eléctrica.....	4
8 Seguridad óptica .....	4
9 Otras referencias sobre redes de distribución local .....	4
Referencias.....	4
Anexo A .....	4
A.1 Introducción .....	4
A.2 Arquitecturas de red .....	4

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en todos los países, las redes de distribución local para acceso de abonado están formadas casi enteramente por pares de cobre. Sin embargo, los recientes adelantos efectuados en la aplicación de la tecnología de planta óptica a redes de distribución local ha proporcionado una experiencia experimental importante en varios países, que se ha tenido en cuenta para determinar algunos de los factores que han de considerarse en la construcción de redes de distribución local óptica.

En primer lugar, puede no ser apropiado sustituir sencillamente los cables conductores de cobre por cables de fibra óptica, puesto que las características de los cables de fibra óptica difieren considerablemente de las características de los cables conductores de cobre. En segundo lugar, los adelantos tecnológicos proporcionan la posibilidad de un gran aumento de la gama de servicios que puede incluir servicios de banda ancha directos al abonado. En consecuencia, las arquitecturas de red tienen que determinarse tomando en consideración los requisitos de sistema para la explotación y el mantenimiento.

La presente Recomendación contiene información práctica sobre la elección y utilización de la planta óptica para la construcción de redes de distribución óptica. En el anexo a esta Recomendación se describen varias arquitecturas diferentes para ayudar a entender la selección del soporte físico. La información está basada en la experiencia obtenida sobre todo con las primeras aplicaciones, y el usuario debe ser consciente de que un rápido avance conducirá a una pronta revisión de esta Recomendación.

## REDES DE DISTRIBUCIÓN LOCAL DE FIBRA ÓPTICA – FACTORES QUE HAN DE CONSIDERARSE PARA SU CONSTRUCCIÓN

(Helsinki, 1993)

### 1 Alcance

Esta Recomendación:

- trata de las redes de distribución ópticas construidas con cables de fibra monomodo;
- describe las arquitecturas de red física que han sido utilizadas para cumplir los diferentes objetivos de sistema;
- tiene en cuenta las condiciones ambientales en las zonas de servicio a los abonados;
- hace referencia a requisitos relacionados con el sistema y con el trabajo de la Comisión de Estudio XV;
- hace referencia a componentes ópticos pasivos utilizados para la construcción de la red;
- trata asuntos de instalación y mantenimiento;
- considera el suministro de energía eléctrica; y
- considera los requisitos de seguridad óptica.

### 2 Abreviaturas

En la presente Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas:

- FTTC Fibra a la caja de distribución (*fibre to the curb*)
- FTTH Fibra al domicilio (*fibre to the home*)
- OFA Amplificador de fibra óptica (*optical fibre amplifier*)
- OPS Divisor de potencia óptica (*optical power splitter*)
- ONT Terminación de red óptica (*optical network termination*)
- PON Red óptica pasiva (*passive optical network*)
- WDM Dispositivo de multiplexión por división en longitud de onda (*wavelength division multiplex device*).

### 3 Concepto de capas dentro de una arquitectura de red

#### 3.1 Clasificación de las capas

Es conveniente considerar las funciones de una red clasificadas conceptualmente en términos de capas, cada una de las cuales trata diferentes aspectos de su construcción y funcionamiento. Estos aspectos pueden dividirse en primer lugar en una capa de transporte, que contiene otras capas de configuraciones de planta y de circuitos físicos, y una red inteligente, que consiste en programas de soporte lógico controlados por computador para hacer funcionar la red.

La capa de planta física es el objeto de la presente Recomendación y puede dividirse además en más capas que se considera comprenden:

- una capa de fibra óptica;
- una capa de cable de fibra óptica;
- una capa de dispositivos estructurales.

### **3.1.1 Capa de fibra óptica**

Debe elegirse adecuadamente la tecnología y el empalme. La fibra monomodo, descrita en la Recomendación G.652, es la más apropiada para una amplia gama de servicios de telecomunicaciones en la red de distribución local, ya que esta fibra aprovecha economías de escala y tiene potencial a largo plazo en futuros servicios. Con la actual utilización de la fibra monomodo, las técnicas de empalme permitirán conseguir pérdidas de empalme medias inferiores a 0,5 dB. Pueden utilizarse componentes pasivos en unión de la fibra óptica, por lo que se consideran parte de la capa de la fibra óptica.

### **3.1.2 Capa de cable de fibra óptica**

Hay que determinar el diseño del cable y los tamaños de las fibras de manera apropiada a la arquitectura de red adoptada, véase la cláusula 4.

Esta capa incluirá el soporte físico de la planta óptica tal como cierres de empalme, armarios y alojamientos para los OPS, WDM, OFA, conectores y paneles de conmutación, todos los cuales tienen limitaciones ambientales específicas.

### **3.1.3 Capa de facilidad estructural**

Cuando esta capa ha evolucionado a partir de redes de cobre, ha sido generalmente en forma de una estrella radiante desde la central. Por tanto, permitirá la introducción de ejes ópticos para generar las arquitecturas de red tratadas en el Anexo A. Por tanto, los cambios necesarios en las redes ópticas se refieren principalmente a la manera en que los cables ópticos y las fibras ópticas se instalan dentro de la planta exterior. Sin embargo, la utilización de planta óptica puede conducir al desarrollo de nuevas estructuras y disposiciones de planta. Por ejemplo, un conducto instalado para la red de cobre puede subdividirse, compartimentado, utilizando tubos de plástico de tamaño apropiado, cada uno que acomode uno de los cables ópticos de diámetro más pequeño. Además, se prestará consideración especial a las estructuras soporte aéreas de los cables ópticos.

## **4 Cable de fibra óptica**

Se utilizarán cables de fibra óptica monomodo que cumplan los requisitos establecidos en la Recomendación L.10 para el cable y en la Recomendación G.652 para la fibra. Se construirán e instalarán de conformidad con el Manual «Construcción, instalación, empalme y protección de cables de fibra óptica» [1].

Lo mejor es evitar la necesidad de un gran número de diseños diferentes de cable óptico, lo que puede requerir diferentes capacidades técnicas para su utilización. La experiencia ha demostrado que para la red de distribución local puede utilizarse el mismo diseño que para otras redes. El cable de cinta puede ser atractivo para los cables de un elevado número de fibras con pequeños cables de poco peso y bajo número de fibras necesarios para el acceso de los abonados.

## **5 Componentes ópticos pasivos**

Hay en preparación orientación sobre componentes ópticos pasivos con destino a un nuevo capítulo que se publicará en la revisión del Manual «Construcción, instalación, empalme y protección de cables de fibra óptica» [1].

En esta Recomendación, un componente óptico pasivo se considera como un componente óptico sin electrónica activa, es decir, que no hay conversión de señales eléctricas a señales ópticas en el dispositivo. Aunque estén alimentados activamente, los OFA se clasifican como componentes ópticos pasivos, dado que funcionan mediante la emisión estimulada de una fibra dopada con una tierra rara, que es en sí misma pasiva, de acuerdo con la definición anterior.

Ejemplos de componentes ópticos pasivos que pueden necesitarse en una red de distribución local son:

- empalmes por fusión y mecánicos;
- conectores ópticos;
- divisores de potencia óptica (OPS);
- dispositivos WDM;

- atenuadores ópticos;
- filtros ópticos;
- amplificadores de fibra óptica (OFA);
- aisladores ópticos.

A continuación se dan otros aspectos que es preciso tener en cuenta en la utilización de los componentes ópticos pasivos enumerados en los ejemplos anteriores:

- Los empalmes por fusión y mecánicos se examinan detalladamente en la Recomendación L.12. La elección de la técnica de empalme utilizada en una red de distribución local de fibra óptica depende de varios factores, tales como la calidad, el costo, la situación física, las necesidades específicas del sistema y las consideraciones en materia de mantenimiento. A menudo, se requieren empalmes para proporcionar puntos de flexibilidad.
- Los conectores ópticos son un medio que proporciona flexibilidad para la reconfiguración rápida de una red. Para las pruebas de mantenimiento, pueden obtenerse puntos de acceso mediante conectores acoplados o mediante conectores que pasan a través de ramales OPS de reserva.
- Los OPS dividen la potencia óptica de la fibra de entrada en dos o más fibras de salida. La división puede ser simétrica o asimétrica entre las fibras de salida, puede estar diseñada para dividir de acuerdo con una relación específica para determinada longitud de onda, o puede hacerse insensible en una gama de longitudes de onda. Para la red de distribución local, divisiones de entre 2 y 32 fibras de salida son generalmente apropiadas.
- Los WDM son necesarios para multiplexar y demultiplexar varios servicios transportados por una sola fibra en diferentes longitudes de onda. Pueden ser dispositivos simples de dos regiones de longitud de onda, o dispositivos de alta resolución para separar varias decenas de regiones de longitudes de onda muy cercanas.
- Para ajustar los balances de potencia óptica a las gamas necesarias, se requieren atenuadores ópticos con atenuación fija o variable.  
  
NOTA – En las redes de fibra óptica en funcionamiento pueden aplicarse atenuadores temporales, tales como atenuadores de mordaza, utilizando técnicas de macroflexión. Resultan útiles para reducir la potencia óptica a un nivel seguro cuando se trabaja en un sistema y para reducir la potencia reflejada que retorna a un sistema desde un extremo de fibra desnudo. Estas técnicas son especialmente aplicables al trabajo bajo tensión.
- Los filtros ópticos son necesarios para dejar pasar la región de longitud de onda deseada de un servicio y rechazar las otras regiones de longitud de onda de servicio o las longitudes de onda de prueba óptica en una red. La respuesta espectral del filtro puede seleccionar regiones muy estrechas o muy anchas de longitud de onda, según la aplicación.
- Los OFA compensan las pérdidas de las fibras ópticas y de otros componentes pasivos.
- Los aisladores ópticos son especialmente útiles en una red compleja, ya que proporcionan inmunidad con respecto a las diversas fuentes de reflexión óptica inherentes al diseño de las redes de distribución local. También pueden utilizarse para aislar secciones de una red a fin de realizar operaciones de mantenimiento con la red en funcionamiento.

## **6 Instalación y mantenimiento de redes**

Los procedimientos de instalación y mantenimiento son asuntos sumamente importantes que deberían tenerse en cuenta al examinar los costos de la futura instalación de fibras ópticas en las redes de distribución local.

Siempre que sea posible, los procedimientos de instalación deberían exigir únicamente un bajo nivel de calificación del personal. Todas las etapas de la construcción de una red pueden comprobarse ópticamente, y los empalmes de las cubiertas deben cerrarse después de haber completado las pruebas. Puede ser conveniente utilizar métodos de empalme con predicción de la pérdida de los empalmes.

Siempre que sea posible, el mantenimiento de la red debería realizarse con el sistema en funcionamiento, y las averías deberían detectarse, diagnosticarse y repararse sin interrupción del servicio. A fin de complementar los procesos de comprobación de la transmisión punto a punto, puede hacerse mantenimiento de la red óptica utilizando, por ejemplo, OTDR y técnicas de mordaza.

Al proporcionar una red de reserva, el encaminamiento alternativo permitirá emplear técnicas de mantenimiento planificado, y no puntual, para reparar las averías de la red. El encaminamiento alternativo es especialmente importante para la obtención de altos ingresos o para las secciones de alto riesgo de una red.

Para poder proporcionar más detalles y asesoría sobre esta cláusula, es preciso realizar estudios, basándose en la experiencia obtenida con redes de distribución local de fibra óptica.

## **7 Alimentación de energía eléctrica**

Las redes de distribución local ópticas pueden constituir un problema en cuanto a la alimentación de energía a la ONT. En todos los experimentos realizados hasta la fecha se ha utilizado energía industrial o una red auxiliar de alimentación de energía de cobre. La interrupción de la energía industrial constituye un alto riesgo de pérdida de servicio en estos sistemas. Se requiere una solución de este problema que haga posible un gran despliegue de redes de distribución local de fibra óptica.

## **8 Seguridad óptica**

Este tema necesita estudio.

Se hará referencia a las normas internacionales apropiadas, por ejemplo, la Publicación 825 de la CEI.

## **9 Otras referencias sobre redes de distribución local**

En particular, se señala la Guía de la red local que está redactando el Grupo de Trabajo XV/4 [2].

### **Referencias**

- [1] Manual del CCITT Construcción, instalación, empalme y protección de cables de fibra óptica, UIT, Ginebra 1988.
- [2] Informes R 60 y R 65 del CCITT, Grupo de Trabajo XV/4 (Guía de la red local).

## **Anexo A**

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

### **A.1 Introducción**

El contenido de este anexo es el resultado de la estrecha coordinación lograda entre las Comisiones de Estudio VI y XV. La Comisión de Estudio VI agradece la contribución de la Comisión de Estudio XV para la compilación del material de referencia esencial que figura en este anexo.

### **A.2 Arquitecturas de red**

#### **A.2.1 Consideraciones generales**

La elección de una arquitectura de red junto con el soporte físico de la planta óptica con el que se construirá proporcionará una infraestructura transparente que permitirá satisfacer las necesidades actuales y futuras. Gracias a ello podrán introducirse diferentes sistemas de transmisión conforme se modifiquen las necesidades de servicio. La Comisión de Estudio XV está estudiando la calidad de transmisión de los sistemas. Esta calidad impone condiciones para la calidad física y óptica del soporte físico, tales como:

- atenuación (debida a las pérdidas en los WDM, los OPS, las fibras, los empalmes, la retrodispersión; compensada por los OFA);
- pérdida óptica de retorno (debida a las reflexiones en los WDM, los OPS, los empalmes, los conectores y la retrodispersión de Rayleigh de la fibra);



- paradiafonía o directividad (debida a los WDM);
- telediafonía o aislamiento (debida a los WDM);
- dispersión (debida a la fibra);
- no linealidad (debida a los OFA y los láseres de alta potencia);
- condiciones mecánicas y ambientales.

Algunos de estos parámetros pueden ser muy críticos para varios sistemas de transmisión, y debería evaluarse y tenerse en cuenta su dependencia con relación a la longitud de onda, por ejemplo la atenuación y la pérdida de retorno para la televisión analógica, así como la pérdida de retorno para los sistemas bidireccionales. Por consiguiente, al diseñar y construir una red de distribución local de fibra óptica, es importante prestar atención a estos aspectos intrínsecos de la calidad, así como a los señalados por la Comisión de Estudio XV.

### **A.2.2 Diferentes arquitecturas**

La red óptica puede entrar o no en los locales de abonado y la interfaz física entre la ONT y los terminales de abonado puede basarse en cables de fibra, de cobre, o en una conexión radioeléctrica. La ONT puede estar situada en la caja de distribución o en los locales del abonado, y puede ser individual o compartida entre usuarios. La red óptica puede explotarse con multiplexión activa, como un sistema pasivo o como una red híbrida activa/pasiva. Pueden realizarse servicios bidireccionales utilizando WDM o dúplex en una sola fibra. La red pasiva no utiliza regeneración de las señales en la planta externa de la red de distribución local.

Una red óptica consiste en enlaces ópticos interconectados en los nodos de la red. Por convenio, las designaciones «árbol y rama» y «estrella» se aceptan actualmente como términos normalizados para describir las configuraciones de la red para la interconexión de los enlaces ópticos en los nodos. Su configuración es similar y, a los efectos de esta Recomendación, se definen como sigue:

- las redes de árbol y rama tienen componentes pasivos en los nodos de red para interconectar los enlaces ópticos;
- las redes en estrella tienen dispositivos activos en los nodos de red para interconectar los enlaces ópticos.

En las Figuras 1 a 4 se ilustran las configuraciones de diferentes arquitecturas que se examinan por separado a continuación.

#### **A.2.2.1 Configuración punto a punto (Figura 1)**

Esta arquitectura utiliza por lo menos una fibra óptica individual de la central al abonado. Esta configuración puede ser adecuada para usuarios que requieren grandes anchuras de banda y/o alta seguridad. Las características de baja pérdida de las fibras ópticas permiten aumentar la distancia máxima entre la central y el abonado con la posibilidad de reducir el número de centrales.

#### **A.2.2.2 Configuración en estrella múltiple (Figura 2)**

Se trata de una red que comparte la fibra entre varios abonados utilizando multiplexores electroópticos activos en la red. Se utiliza alta multiplexión entre la central y un nodo distante, y puede utilizarse fibra multiplexada o especializada desde el nodo distante hasta la ONT. La electrónica activa del terminal distante reduce la cantidad de fibra necesaria entre éste y la central. Para FTTH, la ONT se sitúa en los locales del abonado. Para FTTC, la ONT se sitúa en la caja de distribución o en los locales de un emplazamiento para varios abonados. Los pares de cobre, los pares coaxiales, o la conexión radioeléctrica de un grupo de abonados se multiplexan en una sola fibra en la ONT.

La actualización para prestar servicios de banda ancha no es tan fácil como con las configuraciones de punto a punto o de árbol y rama. No obstante, compartir la fibra desde el nodo distante hasta el abonado puede bastar para introducir fibra óptica que remplace los cables de cobre en la planta de distribución local, antes de que se disponga de servicios de banda ancha.

### A.2.2.3 Configuración de árbol y rama (Figura 3)

Se trata de una red pasiva que comparte la fibra entre varios abonados mediante OPS, y en la que no se utiliza electroóptica. El empleo de OPS permite proporcionar un enlace óptico de banda ancha completo para FTTH a través de una PON. La radiodifusión de televisión no selectiva u otros servicios unidireccionales de banda ancha del extremo de la central pueden proporcionarse mediante multiplexión electroóptica. El mantenimiento óptico de la red puede ser complejo, dada la dificultad de las pruebas en los OPS en la red.

### A.2.2.4 Configuración en anillo (Figura 4)

La configuración en anillo o bucle comienza y termina en la misma central. Sin embargo, esta arquitectura equivale lógicamente a una de las anteriores o a una combinación de dos o más de ellas. Se muestran ejemplos en las Figuras 4a (tipo punto a punto) y 4b (tipo doble estrella). La oportunidad que ofrece para el encaminamiento alternativo es particularmente ventajosa en cuanto a la fiabilidad y el mantenimiento.

### A.2.3 Utilización de diferentes arquitecturas

La arquitectura de la red debe elegirse teniendo en cuenta los servicios que han de prestarse, la densidad de abonados, las zonas de servicio de las centrales, la explotación y el mantenimiento de la red, y la tecnología disponible.

En varios países se han instalado cables de fibra óptica en redes de distribución local a fin de proporcionar servicios telefónicos convencionales además de los servicios vídeo y los servicios digitales de alta velocidad. En la etapa actual, se han utilizado diferentes arquitecturas de red, de conformidad con los servicios prestados y la distribución de los abonados.

Para prestar servicios de banda ancha o de alta velocidad, tales como los servicios de vídeo y los servicios digitales de alta velocidad, se han utilizado todas las arquitecturas anteriores. Para los servicios telefónicos convencionales, que pueden prestarse también mediante redes de cobre, puede aplicarse algún tipo de compartición de una fibra óptica entre un grupo de abonados, a fin de evitar trabajos adicionales de ingeniería civil y reducir el número de equipos activos en la red.

Se necesitará ulterior estudio para llegar a una conclusión en cuanto a la elección de la arquitectura de la red.

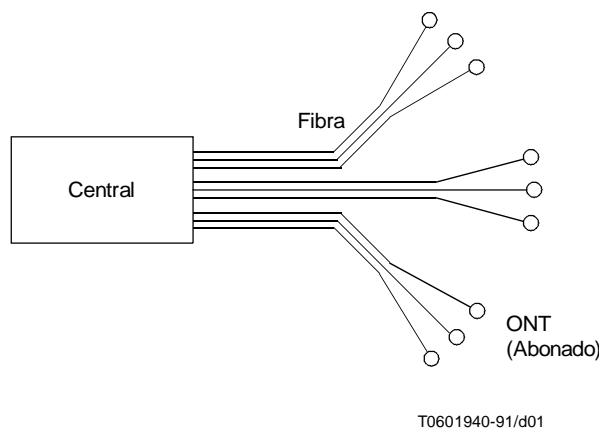


FIGURA 1/L.15

**Configuración punto a punto (en estrella)**

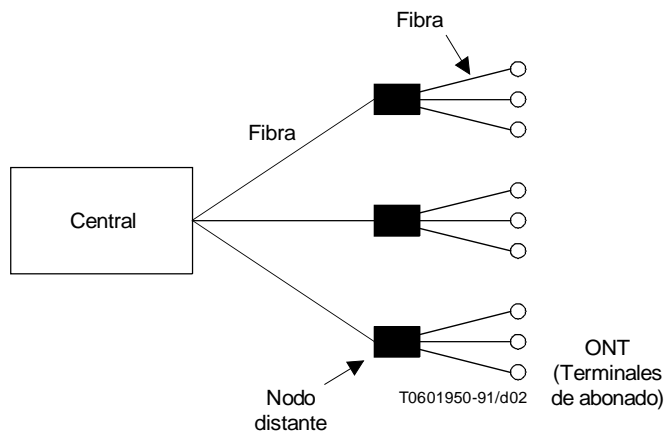


FIGURA 2a/L.15  
**Configuración en (doble) estrella**

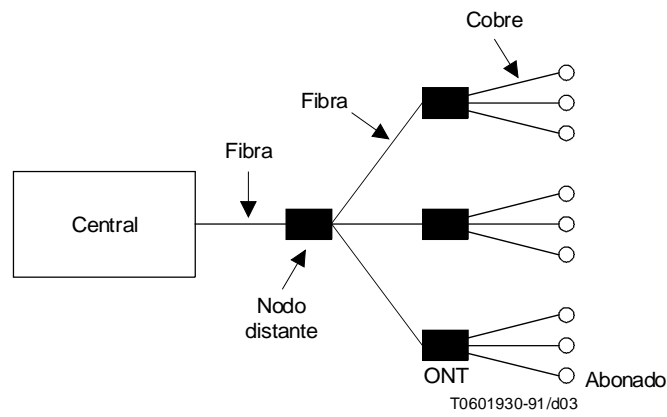


FIGURA 2b/L.15  
**Configuración en estrella múltiple (triple)**

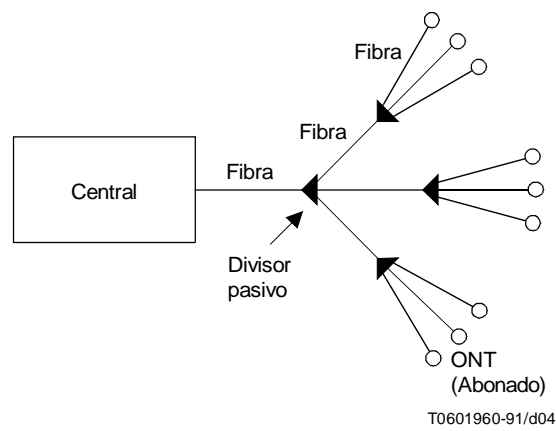


FIGURA 3/L.15  
**Configuración de árbol y rama**

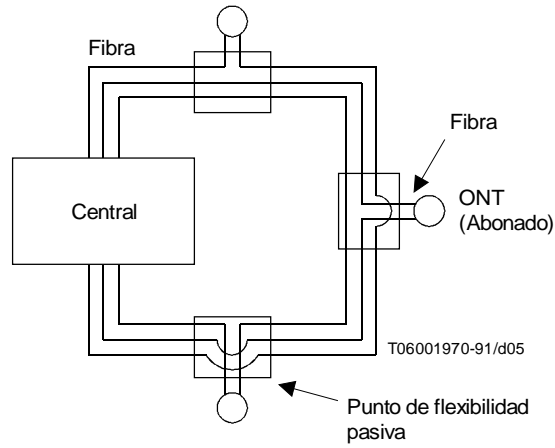


FIGURA 4a/L.15  
**Configuración en anillo (tipo punto a punto)**

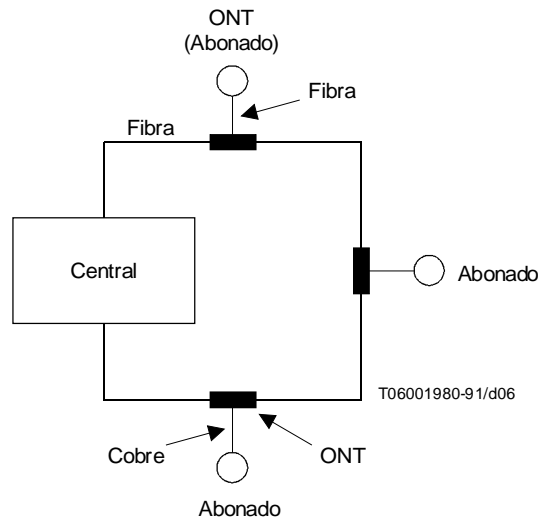


FIGURA 4b/L.15  
**Configuración en anillo (tipo doble estrella)**

*Nota a las Figuras 1 a 4:*

Se muestran alternativas de fibra o cobre para el abonado.