



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

L.53

(05/2003)

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

**Criterios de mantenimiento de fibras ópticas
para redes de acceso**

Recomendación UIT-T L.53

Recomendación UIT-T L.53

Criterios de mantenimiento de fibras ópticas para redes de acceso

Resumen

Esta Recomendación considera los criterios de mantenimiento de fibras ópticas para redes de acceso. Describe los requisitos fundamentales, la sección de mantenimiento, los elementos de prueba y de mantenimiento y métodos para desarrollar una guía útil para mantener redes ópticas punto a multipunto y en anillo respectivamente.

Orígenes

La Recomendación UIT-T L.53 fue aprobada por la Comisión de Estudio 6 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8 el 14 de mayo de 2003.

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.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

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 2003

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
3 Términos y definiciones	2
4 Abreviaturas.....	2
5 Requisitos fundamentales	3
5.1 Topologías de red	3
5.2 Sección de mantenimiento.....	4
5.3 Elementos de prueba y mantenimiento.....	4
6 Métodos de prueba y mantenimiento.....	6
6.1 Métodos de prueba y mantenimiento para redes de acceso punto a multipunto.....	7
6.2 Métodos de prueba y mantenimiento para redes de acceso en anillo.....	8
7 Longitud de onda de prueba y mantenimiento	8
Apéndice I – Soluciones prácticas para redes de acceso punto a multipunto.....	10
I.1 Experiencia japonesa	10
Apéndice II – Soluciones prácticas para una red de acceso en anillo.....	14
II.1 Experiencia de Indonesia.....	14
II.2 Experiencia japonesa	17
Apéndice III – Información sobre un sensor para detectar agua en fibras ópticas	19
III.1 Introducción.....	19
III.2 Estructura del sensor.....	20
III.3 Principio de detección de agua	20
III.4 Características del sensor	21

Introducción

Recientemente se han instalado sobre el terreno redes con diversos tipos de topología incluidas la red óptica pasiva (PON, *passive optical network*) y la red en anillo que utiliza multiplexores de adición/sustracción (ADM, *add-drop multiplexer*) debido a la diversificación de los servicios de comunicaciones ópticas. Las arquitecturas de las redes punto a multipunto y en anillo son muy importantes para la construcción de redes de fibra óptica tanto de una forma eficaz como económica. Sin embargo, el método de pruebas y mantenimiento utilizado para las redes en estrella convencionales (véanse las Recomendaciones UIT-T L.25 y L.40) no se puede adaptar a estas arquitecturas de red. Las redes de fibra óptica se han extendido con rapidez debido al incremento en los servicios IP. Para probar y mantener de forma eficaz las redes de fibra óptica es necesario establecer criterios idénticos de mantenimiento para las redes punto a multipunto y para las redes en anillo.

Recomendación UIT-T L.53

Criterios de mantenimiento de fibras ópticas para redes de acceso

1 Alcance

La presente Recomendación describe la sección de mantenimiento que incluye las funciones, los métodos y los criterios de prueba y mantenimiento tanto para redes punto a multipunto como en anillo en la red de acceso.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- Recomendación UIT-T G.652 (2003), *Características de las fibras y cables ópticos monomodo.*
- Recomendación UIT-T G.694.1 (2002), *Planes espectrales para las aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: Plan de frecuencias con multiplexación por división de longitud de onda densa.*
- Recomendación UIT-T G.694.2 (2002), *Planes espectrales para las aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: Plan de longitudes de onda con multiplexación por división aproximada de longitud de onda.*
- Recomendación UIT-T G.983.1 (1998), *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas.*
- Recomendación UIT-T G.983.2 (2002), *Especificación de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica para redes ópticas pasivas de banda ancha.*
- Recomendación UIT-T G.983.3 (2001), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con capacidad de servicio incrementada mediante la asignación de longitudes de onda.*
- Recomendación UIT-T G.983.4 (2001), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con asignación dinámica de anchura de banda para aumentar la capacidad de servicio.*
- Recomendación UIT-T G.983.5 (2002), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con mayor capacidad de supervivencia.*
- Recomendación UIT-T G.983.6 (2002), *Especificaciones de la interfaz de gestión y control de terminales de red óptica para sistemas de red óptica pasiva de banda ancha con características de protección.*
- Recomendación UIT-T G.983.7 (2001), *Especificación de la interfaz de gestión y control de terminación de red óptica para sistema de red óptica pasiva de banda ancha con asignación dinámica de anchura de banda.*

- Recomendación UIT-T G.983.8 (2003), *Soporte de la interfaz de gestión y control de terminales de red óptica de las redes ópticas pasivas de banda ancha para el protocolo Internet, la red digital de servicios integrados, vídeo, red de área local con rotulación, transconexiones de circuitos virtuales y otras funciones seleccionadas.*
- Recomendación UIT-T G.984.1 (2003), *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Características generales.*
- Recomendación UIT-T L.25 (1996), *Mantenimiento de redes de cables de fibra óptica.*
- Recomendación UIT-T L.40 (2000), *Sistema de soporte de mantenimiento, supervisión y pruebas de la planta exterior de fibra óptica.*
- Recomendación UIT-T L.41 (2000), *Longitud de onda de mantenimiento en fibras que transportan señales.*
- Recomendación UIT-T L.42 (2003), *Soluciones de fibra óptica ampliadas en la red de acceso.*
- Recomendación UIT-T L.52 (2003), *Instalación de red óptica pasiva.*
- CEI 61746 Ed.1.0 (2001), *Calibration of optical time-domain reflectometers (OTDRs).*

3 Términos y definiciones

En esta Recomendación se utilizan las definiciones indicadas en las Recomendaciones UIT-T G.652, G.694.1, G.694.2, G.983.1 a G.983.8, L.25, L.40, L.41, L.42, L.52 y CEI 61746 Ed.1.0.

3.1 red de acceso: Una red de fibra óptica que se despliega entre la central de la portadora y las viviendas y empresas particulares mediante FTTH, FTTC, etc.

3.2 red de acceso punto a multipunto: Una red de acceso con un OLT en la central y varias ONU [L.52].

3.3 red en anillo: Una red que conforma un bucle de fibra óptica con un OLT en la central y varias ONU en algunos edificios de clientes [L.42].

3.4 sección de mantenimiento: Una porción de fibra óptica que se prueba y mantiene en una red de acceso.

3.5 vigilancia: Supervisar el estado de los elementos de red (NE). La vigilancia tiene dos funciones: informar del deterioro de los NE antes de que surja una avería e informar de anomalías en los NE cuando se produzca una avería [L.25, L.40].

3.6 control: Restituir el NE a su estado normal o en actuar para mantener la calidad del servicio [L.25, L.40].

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

ADM	Multiplexor de adición/sustracción (<i>add-drop multiplexer</i>)
B-OTDR	Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo de Brillouin (<i>Brillouin optical time domain reflectometer</i>)
CB	Edificio del cliente (<i>customer building</i>)
CO	Central (<i>central office</i>)
FTTC	Fibra a la acometida (<i>fibre to the curb</i>)
FTTH	Fibra a la vivienda (<i>fibre to the home</i>)

H-OTDR	Reflector óptico en el dominio del tiempo de alta resolución espacial (<i>high spatial resolution optical time domain reflectometer</i>)
ID light	Señal luminosa de identificación (<i>identification light</i>)
OLT	Terminal de línea óptica (<i>optical line terminal</i>)
ONU	Unidad de red óptica (<i>optical network unit</i>)
OTDR	Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (<i>optical time domain reflectometer</i>)
PON	Red óptica pasiva (<i>passive optical network</i>)
RT	Terminal distante (<i>remote terminal</i>)

5 Requisitos fundamentales

5.1 Topologías de red

5.1.1 Red de acceso punto a multipunto

La configuración básica de una red de acceso punto a multipunto se muestra en la figura 1.

Caso 1: Divisor interno en la CO.

Caso 2: Divisor externo (pasivo y activo).

Caso 3: Divisor interno (pasivo y activo) en el CB.

5.1.2 Red de acceso en anillo

La configuración básica de una red de acceso en anillo se muestra en la figura 2.

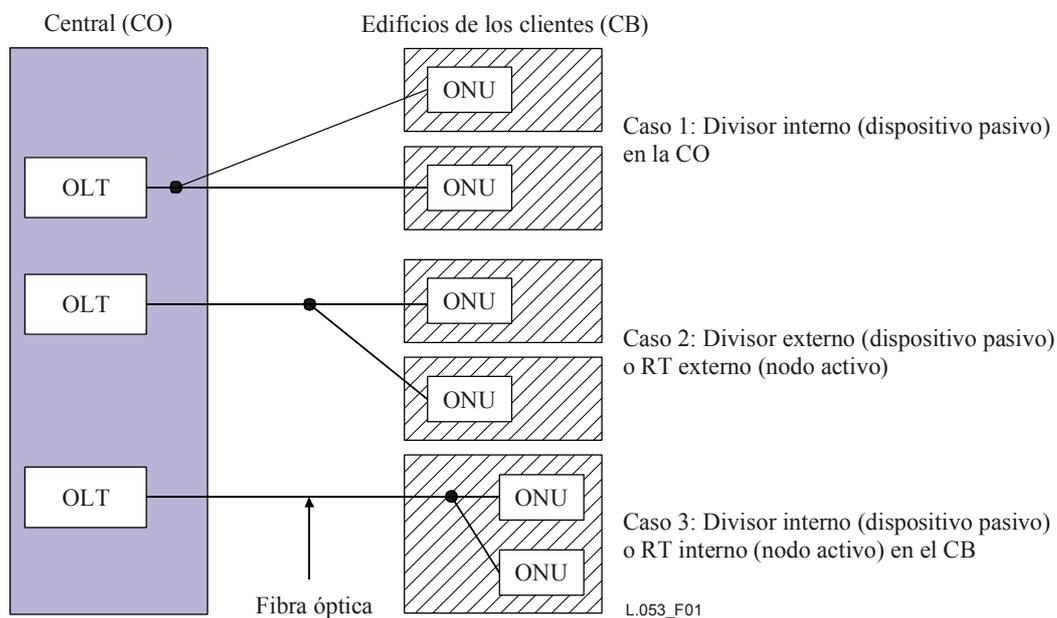


Figura 1/L.53 – Configuración de una red de acceso punto a multipunto

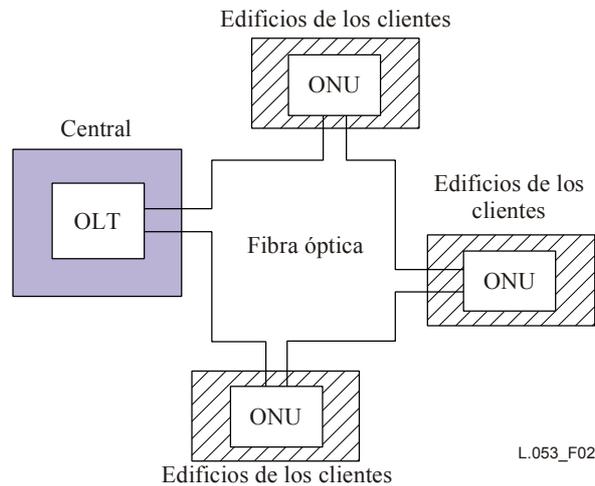


Figura 2/L.53 – Configuración de una red de acceso en anillo

5.2 Sección de mantenimiento

Una sección de mantenimiento se clasifica de la forma siguiente:

5.2.1 Sección de mantenimiento de una red de acceso punto a multipunto

Las secciones de mantenimiento de una red de acceso punto a multipunto de la figura 1 son las siguientes:

Caso 1: Fibra óptica entre el OLT y la ONU como se muestra en el caso 1 de la figura 1. (Todas las secciones.)

Caso 2: Fibra óptica entre el OLT y la ONU como se muestra en el caso 2 de la figura 1. (Todas las secciones.)

Caso 3: Fibra óptica entre el OLT y el divisor interno.

5.2.2 Sección de mantenimiento de una red de acceso en anillo

La sección de mantenimiento de la red de acceso en anillo de la figura 2 está constituida por todas las secciones de la red de acceso en anillo.

5.3 Elementos de prueba y mantenimiento

5.3.1 Elementos de prueba y mantenimiento para redes de acceso punto a multipunto

Los elementos de mantenimiento para redes de acceso punto a multipunto se clasifican como se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1/L.53 – Elementos de prueba y mantenimiento
para redes de acceso punto a multipunto**

Categoría	Actividad	Elemento de prueba y mantenimiento	Estado
Mantenimiento preventivo	Vigilancia (por ejemplo, pruebas periódicas, pruebas continuas)	Detección de un aumento en las pérdidas de la fibra	Optativo
		Detección de un aumento en las pérdidas de la potencia de la señal	Optativo
		Detección de la penetración de agua	Optativo
	Prueba (por ejemplo, pruebas de degradación de la fibra)	Medición para localizar averías en la fibra	Optativo
		Medición para determinar la distribución de tensiones en la fibra	Optativo
		Medición para localizar la penetración de agua	Optativo
Control (por ejemplo, control del elemento de red)	Identificación de la fibra	Optativo	
	Función de transferencia de la fibra	Optativo	
Mantenimiento tras la instalación antes de entrar en servicio o después de una avería	Vigilancia (por ejemplo, recepción de una alarma del sistema de transmisión o de un informe de averías del cliente)	Alarma del sistema de funcionamiento del trayecto	Optativo
		Alarma del sistema de funcionamiento del servicio del cliente	Optativo
	Prueba (por ejemplo, prueba tras la instalación, prueba tras una avería en la fibra)	Confirmación de la condición de la fibra	Obligatorio
		Distinción de avería entre el equipo de transmisión y la red de fibra	Obligatorio
		Medición para localizar la avería en la fibra	Obligatorio
	Control (por ejemplo, instalación/ reparación/sustitución del cable)	Identificación de la fibra	Obligatorio
Función de transferencia de la fibra		Optativo	
Base de datos de la planta exterior		Obligatorio	
Información sobre el recorrido del cable		Optativo	

5.3.2 Elementos de prueba y mantenimiento para redes de acceso en anillo

Los elementos de mantenimiento de redes de acceso en anillo se clasifican como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2/L.53 – Elementos de prueba y mantenimiento para redes de acceso en anillo

Categoría	Actividad	Elemento de prueba y mantenimiento	Estado
Mantenimiento preventivo	Vigilancia	Detección de un aumento en las pérdidas de la fibra	Optativo
		Detección de un aumento en las pérdidas de la potencia de la señal	Optativo
		Detección de la penetración de agua	Optativo
	Pruebas	Medición para localizar averías en la fibra	Optativo
		Medición para determinar la distribución de tensiones en la fibra	Optativo
		Medición para localizar la penetración de agua	Optativo
	Control	Identificación de la fibra	Optativo
		Función de transferencia de la fibra	Optativo
	Mantenimiento tras la instalación antes de entrar en servicio o después de una avería	Vigilancia	Alarma del sistema de funcionamiento del trayecto
Alarma del sistema de funcionamiento del servicio del cliente			Optativo
Pruebas		Confirmación de la condición de la fibra	Obligatorio
		Distinción de avería entre el equipo de transmisión y la red de fibra	Obligatorio
		Medición para localizar la avería en la fibra	Obligatorio
Control		Identificación de la fibra	Obligatorio
		Función de transferencia de la fibra	Optativo
		Almacenamiento de la base de datos de la planta exterior	Obligatorio
		Información sobre el recorrido del cable	Optativo

6 Métodos de prueba y mantenimiento

Existen varias maneras de implementar estos elementos de prueba y mantenimiento. Se utilizan habitualmente pruebas OTDR, pruebas de pérdidas, la supervisión de una parte de la potencia de la señal (supervisión de potencia) y la detección de la señal luminosa de identificación. Los métodos más comunes se describen a continuación.

6.1 Métodos de prueba y mantenimiento para redes de acceso punto a multipunto

Cuadro 3/L.53 – Métodos de prueba adecuados para redes de acceso punto a multipunto

Categoría	Actividad	Elemento	Método
Mantenimiento preventivo	Vigilancia	Detección de un aumento en las pérdidas de la fibra	OTDR/pruebas de pérdidas
		Detección de un aumento en las pérdidas de potencia de la señal	Supervisión de la potencia
		Detección de la penetración de agua	Pruebas OTDR
Mantenimiento preventivo	Pruebas	Medición para localizar averías en la fibra	Prueba OTDR (nota 1)
		Medición para determinar la distribución de tensiones la fibra	Prueba B-OTDR
		Medición para localizar la penetración de agua	Prueba OTDR (nota 1)
Mantenimiento preventivo	Control	Identificación de la fibra	Prueba OTDR (nota 1)/Detección de la señal luminosa de identificación (nota 2)
		Función de transferencia de la fibra	Conmutación (nota 3)
Mantenimiento tras la instalación antes de entrar en servicio o después de una avería	Vigilancia	Alarma del sistema de funcionamiento del trayecto	En línea/medio externo
		Alarma del sistema de funcionamiento del servicio de cliente	En línea/medio externo
Mantenimiento tras la instalación antes de entrar en servicio o después de una avería	Pruebas	Confirmación de la condición de la fibra	OTDR/prueba de pérdidas (nota 1)
		Distinción de avería entre el equipo de transmisión y la red de fibra	OTDR/prueba de pérdidas (nota 1)
		Medición para localizar la avería en la fibra	Prueba OTDR (nota 1)
Mantenimiento tras la instalación antes de entrar en servicio o después de una avería	Control	Identificación de la fibra	Prueba OTDR (nota 1)/Detección de la luz de identificación (nota 2)
		Función de transferencia de la fibra	Conmutación (nota 3)
		Almacenamiento de la base de datos de la planta exterior	En línea/medio externo
		Información sobre el recorrido del cable	En línea/medio externo
<p>NOTA 1 – El OTDR de alta resolución espacial (H-OTDR) está disponible para la supervisión de fibras ópticas hasta y más allá de un divisor exterior.</p> <p>NOTA 2 – Luz de identificación significa una señal luminosa de identificación, por ejemplo, modulada a 270 Hz, 1 kHz o 2 kHz.</p> <p>NOTA 3 – La conmutación puede ser mecánica o manual.</p>			

6.2 Métodos de prueba y mantenimiento para redes de acceso en anillo

Cuadro 4/L.53 – Métodos de prueba adecuados para redes en anillo

Categoría	Actividad	Elemento	Método
Mantenimiento preventivo	Vigilancia	Detección de un aumento en las pérdidas de la fibra	OTDR/pruebas de pérdidas
		Detección de un aumento en las pérdidas de potencia de la señal	Supervisión de la potencia
		Detección de la penetración de agua	Prueba OTDR
	Prueba	Medición para localizar averías en la fibra	Prueba OTDR
		Medición para determinar la distribución de tensiones la fibra	Prueba B-OTDR
		Medición para localizar la penetración de agua	Prueba OTDR
Control	Identificación de la fibra	Detección de la luz de identificación (nota 1)	
	Función de transferencia de la fibra	Conmutación (nota 2)	
Mantenimiento tras la instalación antes de entrar en servicio o después de una avería	Vigilancia	Alarma del sistema de funcionamiento del trayecto	En línea/medio externo
		Alarma del sistema de funcionamiento del servicio de cliente	En línea/medio externo
	Prueba	Confirmación de la condición de la fibra	OTDR/prueba de pérdidas
		Distinción de avería entre el equipo de transmisión y la red de fibra	OTDR/prueba de pérdidas
		Medición para localizar la avería en la fibra	Prueba OTDR
	Control	Identificación de la fibra	Detección de la luz de identificación (nota 1)
Función de transferencia de la fibra		Conmutación (nota 2)	
Almacenamiento de la base de datos de la planta exterior		En línea/medio externo	
Información sobre el recorrido del cable		En línea/medio externo	
<p>NOTA 1 – Luz de identificación significa una señal luminosa de identificación, por ejemplo, modulada a 270 Hz, 1 kHz o 2 kHz.</p> <p>NOTA 2 – La conmutación puede ser mecánica o manual.</p>			

7 Longitud de onda de prueba y mantenimiento

Es importante elegir la longitud de onda adecuada para supervisar y probar las redes de fibra óptica. En particular, se tienen que realizar las funciones de mantenimiento sin interferir con las señales de transmisión de datos. La Rec. UIT-T L.41 proporciona requisitos generales para la selección de la longitud de onda de mantenimiento. El cuadro 5 incluye estos requisitos y longitudes de onda para los correspondientes elementos de prueba y de mantenimiento, que son iguales para las redes punto a multipunto y en anillo.

Cuadro 5/L.53 – Selección de la longitud de onda de mantenimiento

Categoría	Actividad	Elemento	Longitud de onda
Mantenimiento preventivo	Vigilancia	Detección de un aumento en las pérdidas de la fibra	Longitud de onda de mantenimiento (nota)
		Detección de un aumento en las pérdidas de potencia de la señal	Longitud de onda de la señal
		Detección de la penetración de agua	Cualquier longitud de onda en fibras que no transmitan señales
Mantenimiento preventivo	Prueba	Medición para localizar averías en la fibra	Cualquier longitud de onda en fibras que no transmitan señales
		Medición para determinar la distribución de tensiones la fibra	Cualquier longitud de onda en fibras que no transmitan señales
		Medición para localizar la penetración de agua	Cualquier longitud de onda en fibras que no transmitan señales
Mantenimiento preventivo	Control	Identificación de la fibra	Longitud de onda de mantenimiento (nota)
		Función de transferencia de la fibra	Ninguna
Mantenimiento tras la instalación antes de entrar en servicio o después de una avería	Vigilancia	Alarma del sistema de funcionamiento del trayecto	Ninguna
		Alarma del sistema de funcionamiento del servicio de cliente	Ninguna
	Prueba	Confirmación de la condición de la fibra	Cualquier longitud de onda
		Distinción de avería entre el equipo de transmisión y la red de fibra	Cualquier longitud de onda
		Medición para localizar la avería en la fibra	Cualquier longitud de onda
	Control	Identificación de la fibra	Cualquier longitud de onda
Función de transferencia de la fibra		Ninguna	
Almacenamiento de la base de datos de la planta exterior		Ninguna	
		Información sobre el recorrido del cable	Ninguna
NOTA – Véase la Rec. UIT-T L.41 "Longitud de onda de mantenimiento en fibras que transportan señales".			

Apéndice I

Soluciones prácticas para redes de acceso punto a multipunto

I.1 Experiencia japonesa

Este apéndice describe un método de identificación de averías que utiliza un reflectómetro óptico de alta resolución en el dominio del tiempo para redes ópticas punto a multipunto.

I.1.1 Introducción

El despliegue de redes de banda ancha precisa la utilización de miles de fibras ópticas en las redes de acceso. Resulta fundamental disponer de un sistema de prueba de líneas de fibra óptica para reducir los costes de construcción y mantenimiento y mejorar la fiabilidad del servicio. Hemos desarrollado un sistema de este tipo denominado AURORA (AUtomatic optical fibeR OpeRAtion support system) [1]. Además, hemos ampliado la aplicación de este sistema a diversas estructuras de red [2]. Actualmente, se están introduciendo en redes de acceso redes ópticas pasivas (PON, *passive optical network*) con divisores ópticos instalados en lugares y bastidores próximos a las instalaciones del cliente para proporcionar servicios IP de alta velocidad [3]. No obstante, este sistema de prueba es incapaz de supervisar los cables de fibra óptica de las PON con fibras ópticas ramificadas. Por ello, hemos diseñado y evaluado un prototipo que puede aislar las averías de las fibras ópticas en las PON.

I.1.2 Sistema de prueba de líneas de fibra óptica para PON

I.1.2.1 Configuración del sistema

La figura I.1 muestra la configuración de nuestro sistema de prueba de líneas de fibra óptica para la supervisión de una PON mediante un divisor óptico instalado en un registro óptico exterior. Está constituido por el equipo de prueba (TE, *test equipment*) que incluye un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR, *optical time domain reflectometer*), selectores de fibra (FS, *fibre selector*) óptica que seleccionan las fibras de prueba, acopladores ópticos y filtros ópticos. El TE y los FS se instalan en la sala de terminación del cable de una central. Los acopladores ópticos introducen una señal luminosa de prueba en las líneas de fibra y en los filtros ópticos instalados en el panel frontal de un terminal de línea óptica (OLT, *optical line terminal*) y las unidades de red ópticas (ONU, *optical network unit*) dejar pasar la señal luminosa de comunicaciones pero impiden el paso de la señal de prueba. Los filtros ópticos instalados en el panel frontal de las ONU reflejan la señal luminosa de prueba proveniente del OTDR para aislar la fibra averiada. El terminal de control ordena al TE que realice diversas pruebas en las fibras ópticas mediante una red de comunicaciones de datos (RCD). El TE controla al OTDR y a los FS y devuelve los resultados de las pruebas al terminal de control. Este sistema realiza mediciones OTDR automáticas, obtiene características de la fibra y aísla las averías y su ubicación sin empeorar la calidad de transmisión.

Existen dos métodos para supervisar una red de fibra óptica ramificada en una PON mediante un OTR. El primero implica la medición de la luz dispersada en las fibras ópticas ramificadas [4]. Este método es adecuado para ubicar fibras ópticas averiadas cuando cada fibra óptica tiene una longitud superior a 100 m. Hemos elegido el segundo método que se basa en la medición de los valores de la reflexión individuales en los filtros ópticos instalados en las ONU [5] puesto que la longitud de cada fibra óptica ramificada entre un divisor y una ONU es inferior a 100 m.

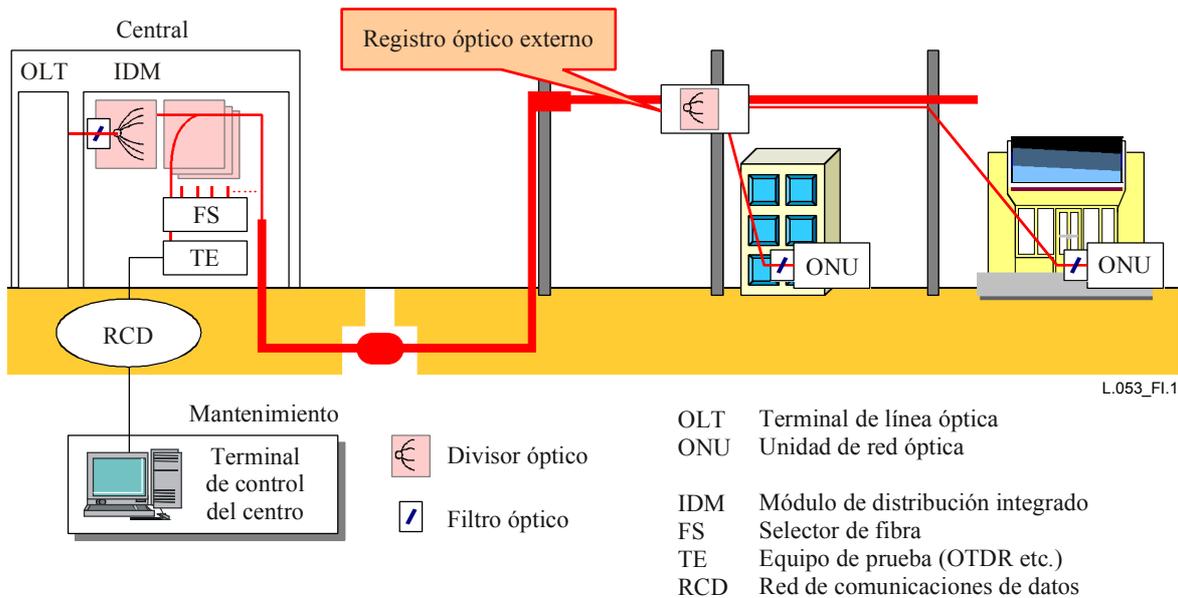


Figura I.1/L.53 – Configuración del sistema de prueba de líneas de fibra óptica para supervisión

I.1.2.2 Técnica para el aislamiento de la avería

La figura I.2 muestra la técnica para el aislamiento de la avería en fibras ópticas ramificadas mediante un divisor óptico. Puesto que las longitudes de las fibras ópticas son diferentes, se pueden distinguir las reflexiones de Fresnel en los filtros ópticos #1 y #2. Podemos concluir que la fibra óptica con el filtro óptico #1 está averiada puesto que el valor de la reflexión en la fibra óptica #1 es diferente de su nivel inicial.

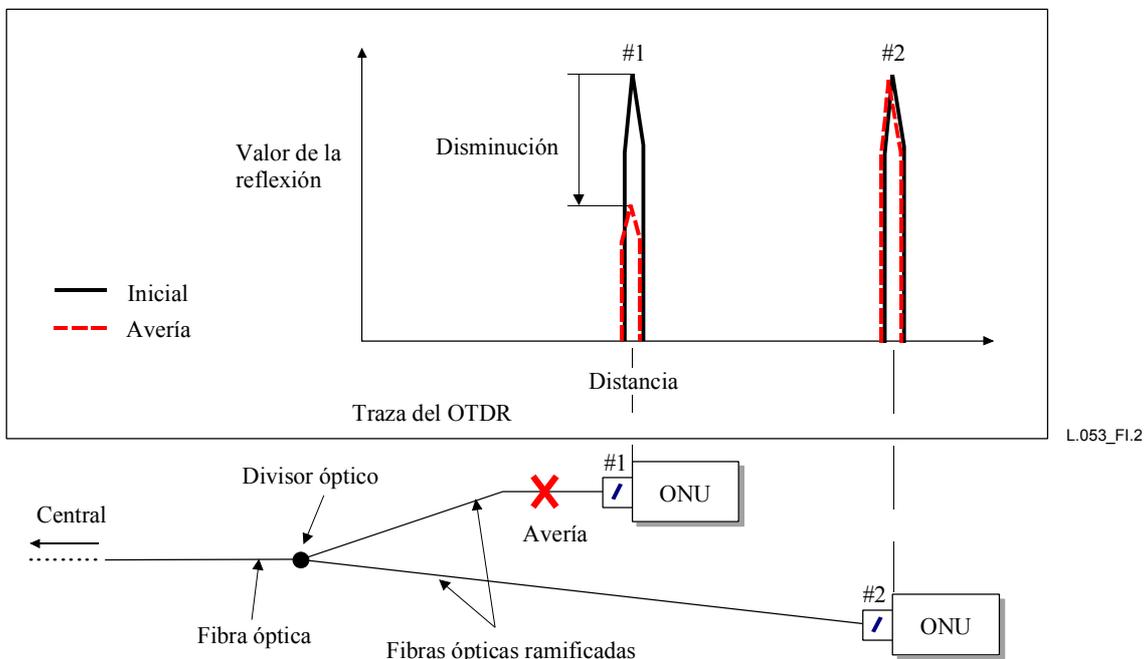


Figura I.2/L.53 – Aislamiento de la avería de una fibra óptica ramificada

I.1.3 Evaluación del sistema prototipo

I.1.3.1 Instalación experimental

La figura I.3 muestra la instalación experimental que se ha utilizado para la evaluación de nuestro sistema prototipo y un resultado medido con un OTDR de alta resolución (H-OTDR) en fibras ópticas ramificadas mediante un divisor óptico de cuatro ramas. La longitud de onda del H-OTDR era de $1,65 \mu\text{m}$ y la anchura del impulso era inferior a 10 ns. La reflexión de Fresnel de #1 proviene del extremo de la fibra óptica ramificada. Las reflexiones de Fresnel de #2 y #3 provienen de los filtros ópticos. Hemos aplicado tecnologías de mallas reticulares de Bragg a los filtros ópticos para obtener una pérdida de retorno elevada [6]. La fibra óptica tiene también que permitir el paso de señales luminosas de comunicaciones cuyas longitudes de onda sean $1,3$ y $1,55 \mu\text{m}$, pero deben impedir el paso de las señales luminosas de prueba cuya longitud de onda sea $1,65 \mu\text{m}$. Las pérdidas de retorno del extremo de la fibra óptica ramificada #1 y de los filtros ópticos #2 y #3 fueron $-14,9$, $-1,5$, y $-1,8$ dB respectivamente a $1,65 \mu\text{m}$.

I.1.3.2 Comparación de los valores de la reflexión en los filtros ópticos y en los extremos de las fibras ópticas ramificadas

Hemos realizado la medición de la diferencia entre las pérdidas de inserción de las fibras ópticas ramificadas #1 y #2, incluido un divisor óptico de cuatro ramas que utiliza una fuente luminosa de $1,65 \mu\text{m}$, y un medidor de potencia óptica. La diferencia fue de $0,7$ dB para $1,65 \mu\text{m}$. El valor de la reflexión del filtro óptico #2 fue $6,2$ dB superior que el del extremo de la fibra óptica #1 en la traza del H-OTDR. Con estos resultados hemos demostrado que el valor de la reflexión proveniente de cada filtro óptico es superior al de los extremos de las fibras ópticas ramificadas.

I.1.3.3 Resolución del aislamiento de la avería

Evaluamos la resolución del aislamiento de la avería de este sistema prototipo. La figura I.3 muestra que podemos diferenciar las reflexiones de Fresnel de los filtros ópticos #2 y #3 cuyas longitudes difieren en $2,0$ m. Hemos demostrado que nuestro sistema prototipo puede aislar una avería en una fibra óptica cuando la diferencia entre las longitudes de las fibras ramificadas es superior a $2,0$ m.

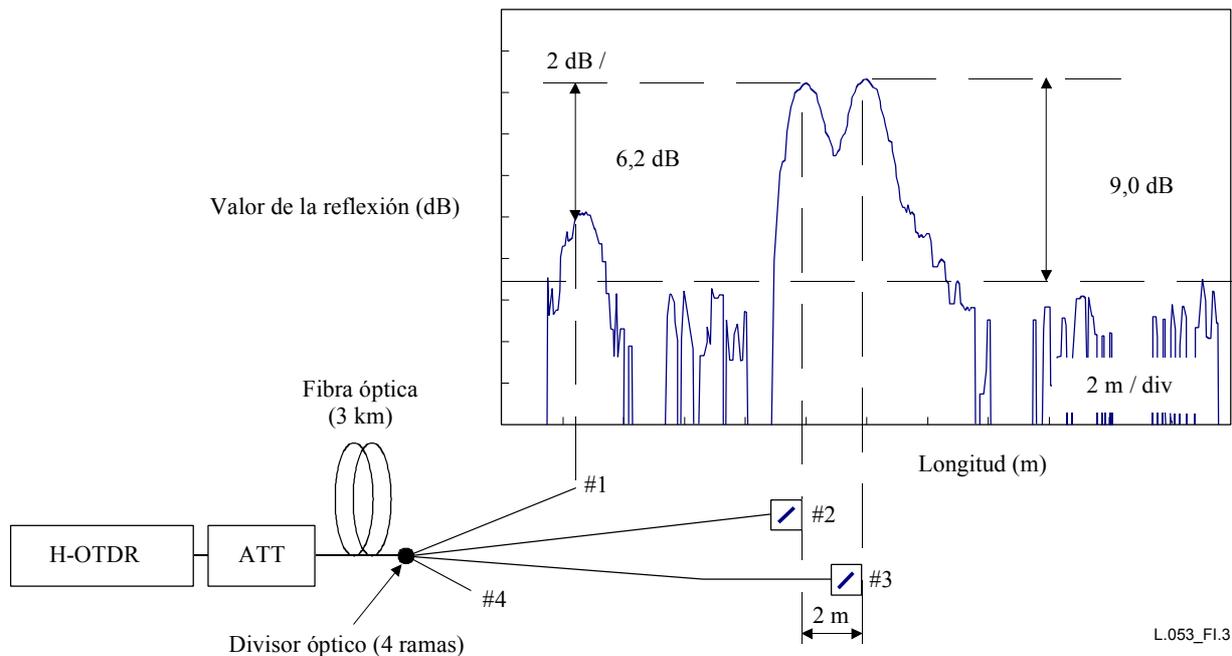


Figura I.3/L.53 – Instalación experimental para la evaluación del sistema prototipo y traza medida del H-OTDR

I.1.3.4 Margen dinámico del sistema

Hemos evaluado el margen dinámico de este sistema prototipo. Realizamos la medición de las pérdidas de inserción entre el H-OTDR y la entrada del filtro óptico #3 utilizando una fuente luminosa de 1,65 μm y un medidor de potencia óptica. Las pérdidas de inserción fueron de 24,7 dB. La diferencia entre los valores de la reflexión en el filtro óptico #3 y el nivel de pico de ruido fue de 9,0 dB en la traza del H-OTDR. Por lo tanto, el margen dinámico de este sistema prototipo es superior a 31,5 dB para 1,65 μm cuando las pérdidas de retorno del filtro óptico son superiores a -2,5 dB y el valor umbral del aislamiento de la avería es de 1,9 dB. Este sistema prototipo puede aislar una fibra averiada en una PON con un divisor de 32 ramas cuyas pérdidas de inserción sean de 17,5 dB y con fibras de 10 km (0,5 dB/km) cuando las pérdidas por acoplamiento incluidas las de un FS y un acoplador óptico son inferiores a 9,0 dB.

I.1.4 Conclusiones

Hemos descrito cómo se pueden aislar fibras averiadas en un sistema de prueba de líneas de fibra óptica basado en un H-OTDR y filtros ópticos que utiliza tecnologías de malla reticular de Bragg para una PON. Hemos evaluado un sistema prototipo y su margen dinámico supera los 31,5 dB. Hemos demostrado que este sistema prototipo tiene suficiente margen dinámico para aislar averías de fibras en una PON con un divisor óptico de 32 ramas.

Referencias

- [1] TOMITA (N.), TAKASUGI (H.), ATOBE (N.), NAKAMURA (I.), TAKAESU (F.), TAKASHIMA (S.): Design and performance of a novel automatic fibre line testing system with OTDR for optical subscriber loops, *IEEE J. Lightwave Technol.*, Vol. 12, No. 5, pp. 717-726, mayo de 1994.
- [2] ENOMOTO (Y.), ARAKI (N.), MINE (K.), IZUMITA (H.), TOMITA (N.): Upgraded optical fibre line testing system and its application to optical access networks, *Proc. GLOBECOM98 Access Networks Mini Conf.*, pp. 134-139, 1998.
- [3] ENOMOTO (Y.), MINE (K.), MIYASHITA (A.), MACHINO (H.), IZUMITA (H.), HOGARI (K.), NAKAMURA (M.): Novel compact optical splitter for outside plant in access network, *Proc. OECC 2002*, pp 380-381, 2002.
- [4] SANKAWA (I.), FURUKAWA (S.), KOYAMADA (Y.), IZUMITA (H.): Fault location technique for in-service branched optical fibre networks, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 2, No. 10, pp. 766-768, octubre de 1990.
- [5] FURUKAWA (S.), SUDA (H.), YAMAMOTO (F.), KOYAMADA (Y.), KOKUBUN (T.), TAKAHASHI (I.): Optical fibre line test and management system for passive double star networks and WDM transmission systems, *Proc. IWCS'95*, pp. 640-648, 1995.
- [6] HOGARI (K.), MIYAJIMA (Y.), FURUKAWA (S.), TOMITA (N.), TOMIYAMA (K.), OHASHI (M.): Wideband and highly reflective step-chirped fibre grating filter embedded in an optical fibre connector, *Electron. Lett.*, Vol. 32, No. 13, pp. 1230-1231, junio de 1996.

Apéndice II

Soluciones prácticas para una red de acceso en anillo

II.1 Experiencia de Indonesia

Este apéndice describe el módulo de señal luminosa de prueba de jerarquía digital síncrona (SDH, *synchronous digital hierarchy*) que se utiliza en una topología SDH de red de acceso óptico (OAN, *optical access network*) en anillo.

II.1.1 Introducción

El módulo se utiliza principalmente cuando:

- es necesario puentear un multiplexor de adición/sustracción (ADM, *add drop multiplexer*) y llevar a cabo pruebas para supervisar una topología SDH en anillo.

En este caso, el módulo de señal de prueba SDH separa la señal luminosa de prueba (1550 ó 1650 nm de longitud de onda) de la señal luminosa de información en la sección de entrada del ADM para recombinarlas a la salida del ADM. Así se evitan interferencias o atenuaciones en la señal de prueba.

II.1.2 Módulo de señal luminosa de prueba SDH

Para evitar la saturación de los terminales de líneas ADM, el sistema de soporte de operación de fibra óptica distante automático de Telkom (T-AURORA, *Telkom automatic remote optical fiber operation support system*) – versión indonesia del sistema de soporte, supervisión y pruebas de mantenimiento de la planta exterior de fibra óptica – o el sistema de reflectómetro óptico manual en el dominio del tiempo (OTDR) utiliza una señal de prueba luminosa SDH.

Este módulo de señal de prueba luminosa SDH está constituido por dos acopladores WDM y está situado en los emplazamientos de los terminales de línea ADM; cada rama WDM 1310/1550 nm conecta la línea a la rama este/oeste ADM, mientras las ramas de 1650 nm logran que la señal de prueba luminosa enviada por el OTDR no pase por el ADM (figura II.1.1).

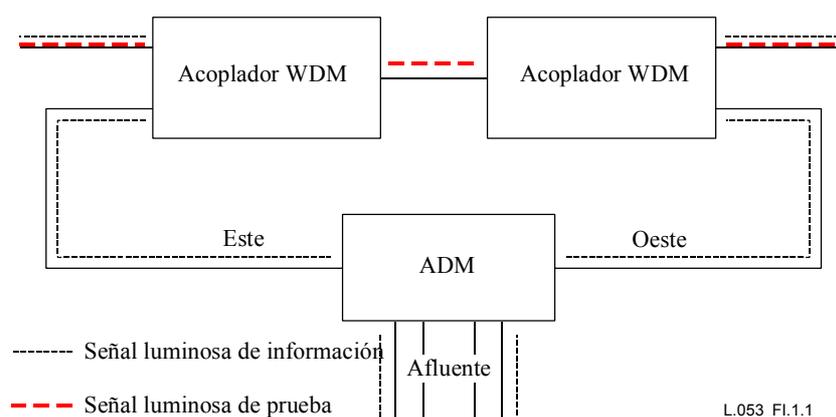


Figura II.1.1/L.53 – Módulo de señal de prueba luminosa SDH

En nuestro caso, el módulo de señal luminosa de prueba SDH puede ser de 2 tipos (en función de la aplicación práctica):

1) Modelo A

Las señales de información y de prueba utilizan una longitud de onda de 1310 y 1550 nm respectivamente. La particularidad de este módulo es que la entrada de la señal luminosa de información y la entrada de la señal de prueba pueden intercambiarse. Como fuente de la

señal de prueba luminosa se utiliza un sistema de soporte de operación (OSS, *operation support system*) no integrado como el OTDR manual.

2) **Modelo B**

Este modelo está adaptado al sistema T-AURORA en el que se utiliza 1310 ó 1550 nm para longitud de onda de la señal luminosa de información y 1650 nm para la señal de prueba.

La diferencia entre el modelo A y el B radica en la longitud de onda utilizada para cada señal luminosa de información y de prueba. Para su implementación es necesario un filtro en cada entrada y salida del ADM para evitar que entre la señal luminosa de prueba al ADM.

En la figura II.1.2 se muestra un prototipo del módulo de señal luminosa de prueba SDH (modelo A):

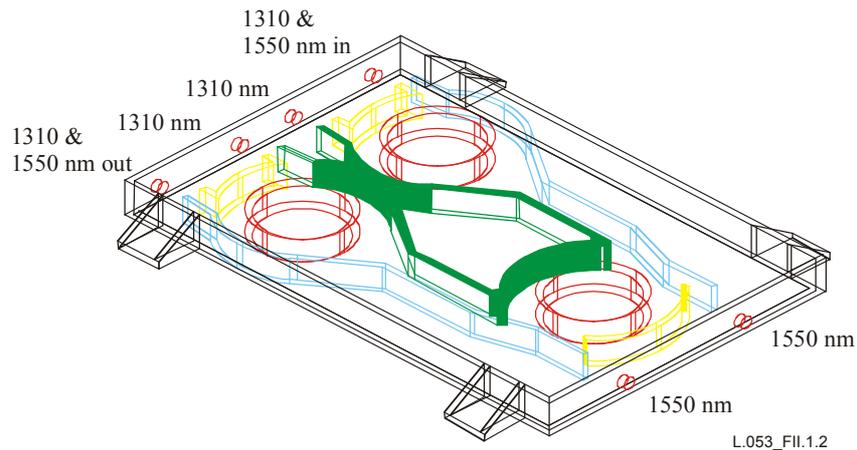


Figura II.1.2/L.53 – Prototipo del módulo de señal luminosa de prueba SDH (Modelo A)

La introducción del módulo de señal luminosa de prueba SDH resulta muy importante en la supervisión física del cable óptico en topologías en anillo SDH. Sin el módulo de prueba SDH, la capacidad de supervisión del OTDR o del T-AURORA se limita al tramo de ADM más próximo (figura II.1.3).

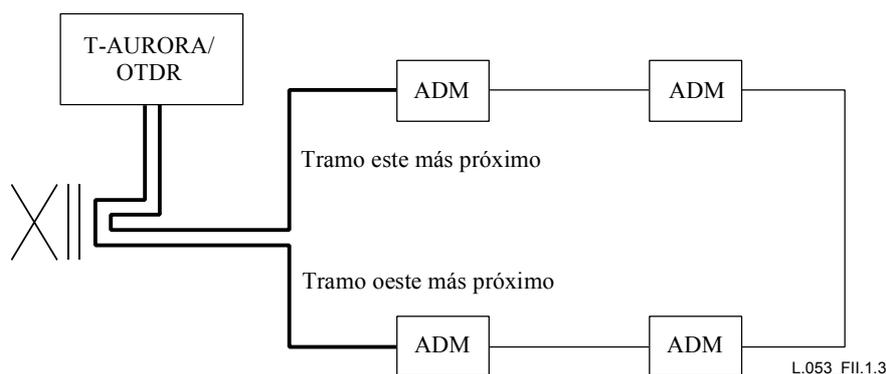


Figura II.1.3/L.53 – Supervisión de cable óptico sin insertar una señal luminosa de prueba SDH

La introducción del módulo de señal de prueba luminosa SDH en el anillo SDH hace que la señal luminosa de prueba recorra todos los tramos en el anillo al evitar los ADM (figura II.1.4).

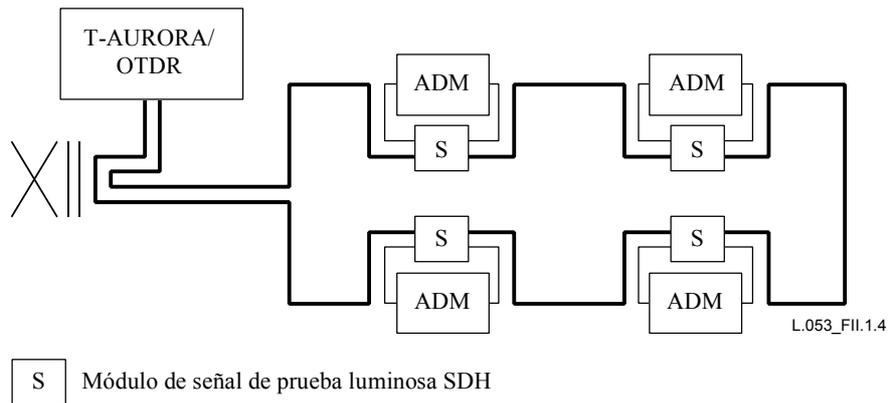


Figura II.1.4/L.53 – Introducción de la señal luminosa de prueba SDH en la OAN SDH en anillo

II.1.3 Simulación de la traza del OTDR del módulo de señal luminosa de prueba SDH

Se ha realizado una simulación para analizar las características y el funcionamiento del módulo de señal luminosa de prueba SDH en el anillo SDH. La configuración se muestra en la figura II.1.5:

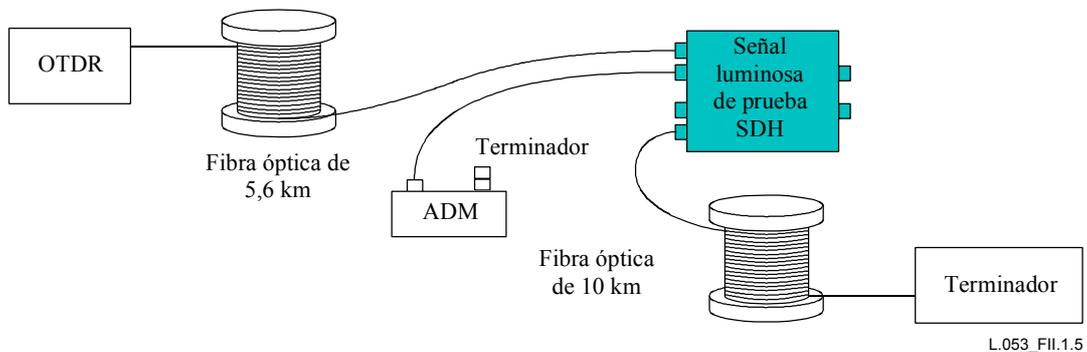
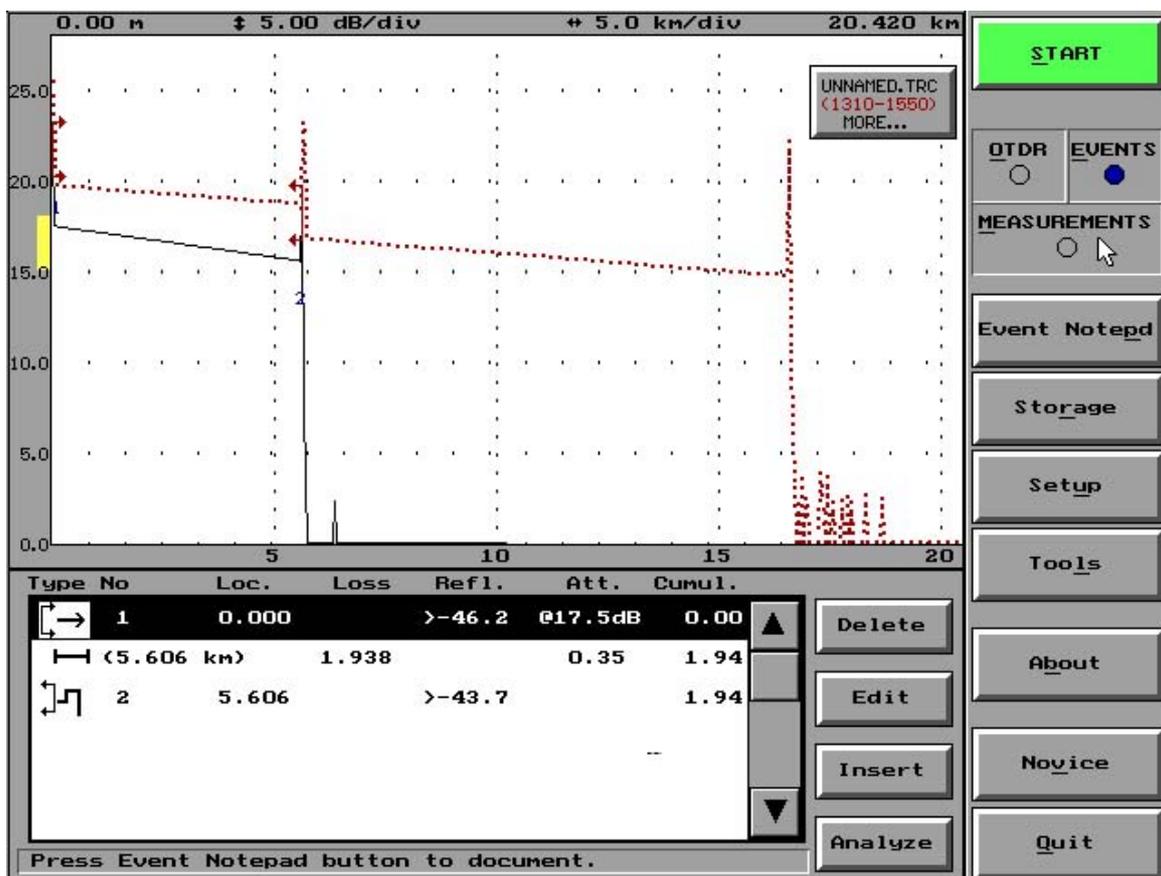


Figura II.1.5/L.53 – Simulación de la traza del OTDR del módulo de señal luminosa de prueba SDH

El resultado de la simulación de la traza del OTDR descrita en la imagen anterior muestra que la señal luminosa de prueba (línea de puntos) llega hasta el final del cable de fibra, mientras que la señal luminosa de información desaparece a 5,6 km (figura II.1.6).



L.053_FII.1.6

Figura II.1.6/L.53 – Resultado de la simulación de la traza del OTDR

II.1.4 Conclusión

Se ha presentado una descripción del módulo de señal luminosa de prueba SDH que debe introducirse en nuestro OSS para la supervisión de los cables de fibra óptica. Este módulo se puede utilizar para evitar que la señal luminosa de prueba pase por el ADM y garantizar la continuidad del trayecto de la señal de supervisión.

Esta contribución pretende compartir experiencias relativas a la operación y mantenimiento de redes de acceso.

II.2 Experiencia japonesa

Este apéndice describe un módulo de derivación de la señal luminosa de prueba para supervisar redes ópticas en anillo con ADM.

II.2.1 Introducción

Para proporcionar redes de banda ancha en zonas urbanas, se están introduciendo redes en anillo que utilizan multiplexores de adición/sustracción (ADM), instalados en las centrales y en los edificios de los clientes. Puesto que el método de prueba convencional no puede supervisar los cables de fibra óptica entre los edificios de los clientes, proponemos un método que utiliza módulos de derivación de la señal luminosa de prueba.

II.2.2 Configuración del sistema de prueba

La figura II.2.1 muestra la configuración de nuestro sistema de prueba de líneas de fibra óptica con módulos de derivación de la señal luminosa de prueba para supervisar redes en anillo ADM.

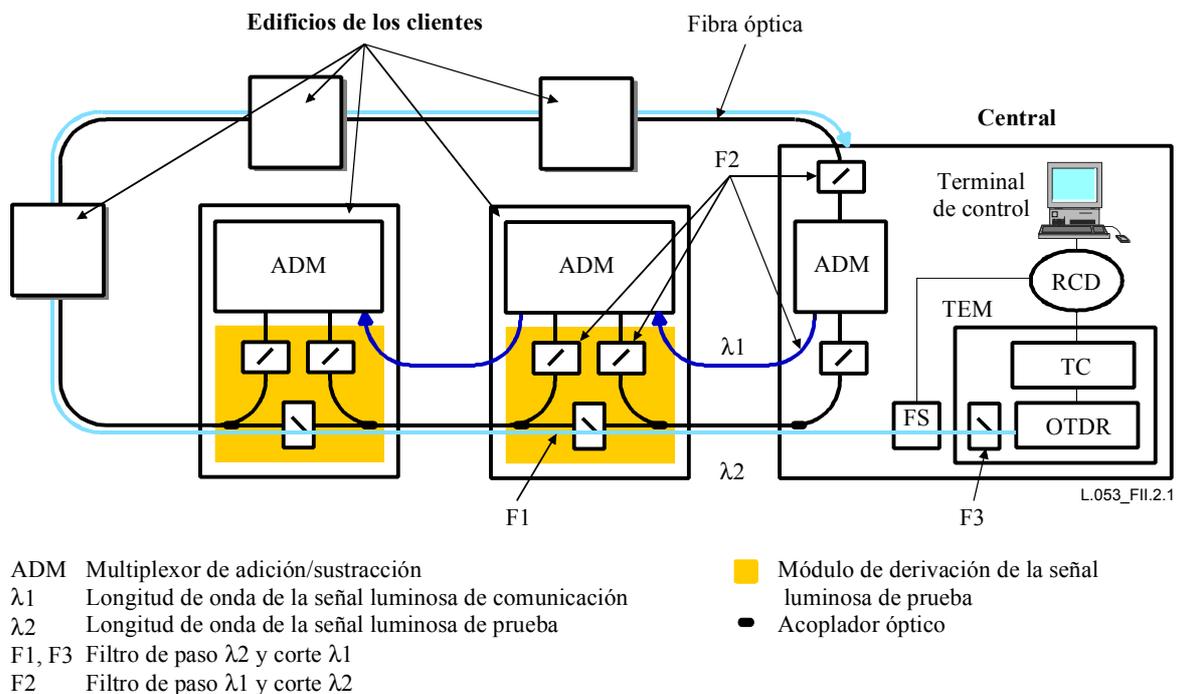


Figura II.2.1/L.53 – Configuración del sistema de prueba

Está constituido por un terminal de control, módulos de equipos de prueba (TEM, *test equipment module*) con un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) y un controlador de equipo de prueba (TC, *test equipment controller*), selectores de fibra óptica (FS) que seleccionan las fibras de prueba, acopladores ópticos y filtros ópticos. Los TEM y los FS están instalados en la sala de terminación de cables de una central.

Los acopladores ópticos en la central introducen una señal luminosa de prueba en las líneas de fibra óptica y los acopladores ópticos situados en los edificios de los clientes pasan la señal luminosa de prueba al cable siguiente. También se han instalado tres tipos de filtro, F1, F2 y F3. Los filtros F2, situados antes de cada ADM, permiten el paso de la señal luminosa de comunicaciones (λ_1) pero impiden el paso de la señal luminosa de prueba (λ_2). Los filtros F1 y F3 permiten el paso de la señal luminosa de prueba e impiden el paso de la señal luminosa de comunicaciones. Están instalados entre los acopladores de los edificios de los clientes y a la entrada del OTDR, respectivamente.

El terminal de control ordena al TC que realice diversas pruebas de fibra óptica a través de una red de comunicación de datos (RCD). El TC controla al OTDR y a los FS y devuelve los resultados de las pruebas al terminal de control. Este sistema lleva a cabo mediciones automáticas OTDR y determina las características de la fibra y los emplazamientos de las averías entre los edificios de los clientes sin degradar la calidad de transmisión.

II.2.3 Configuración del módulo de derivación de la señal luminosa de prueba

Puesto que las longitudes de onda de 1,31 μm y 1,55 μm se utilizan para comunicaciones, hemos empleado 1,65 μm para pruebas de mantenimiento de conformidad con la Rec. UIT-T L.41. Puesto que la señal luminosa de comunicación ADM es de 1,31 μm y la señal luminosa de prueba es de 1,65 μm , hemos empleado acopladores de multiplexación por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*) de 1,31/1,65 μm para obtener bajas pérdidas de inserción. Es más, utilizamos un filtro F1 que permite el paso de la señal luminosa de 1,65 μm pero impide el paso de la señal de 1,31 μm y filtros F2 que permiten el paso de la señal luminosa de 1,31 μm e impiden el paso a la señal de 1,65 μm . Puesto que la señal luminosa de comunicación es de

1,55 μm , empleamos acopladores de multiplexión por división en la longitud de onda 1,55/1,65 μm , el filtro F1 que permite el paso a la señal luminosa de 1,65 μm pero impide el paso de la señal de 1,55 μm y los filtros F2 que permiten el paso a la señal luminosa de 1,55 μm e impiden el paso de la señal luminosa de 1,65 μm .

II.2.4 Traza del OTDR del cable de fibra óptica instalado

La figura II.2.2 muestra la traza del OTDR de un cable de fibra óptica instalado con dos módulos de derivación de la señal luminosa de prueba situados a 1,0 y 1,2 km de una central. La figura II.2.2 demuestra que nuestro sistema de prueba puede supervisar cables entre edificios.

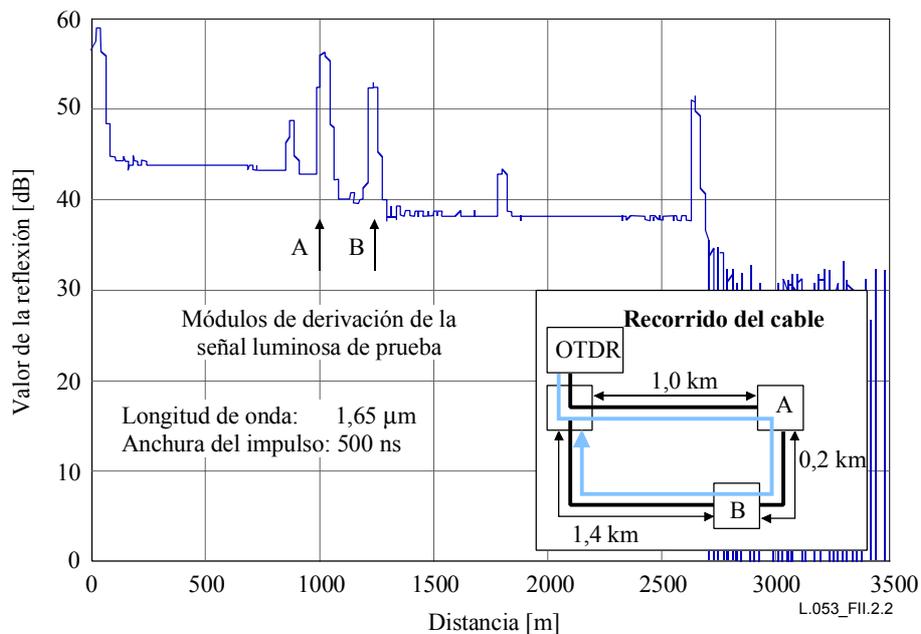


Figura II.2.2/L.53 – Traza del OTDR de cables de fibra óptica instalados con módulos de señales luminosas de prueba en derivación

II.2.5 Conclusiones

Se ha descrito un sistema de prueba de líneas de fibra óptica que utiliza módulos de derivación de las señales luminosas de prueba. Se demuestra que este sistema puede verificar cables de fibra óptica de una red en anillo ADM sin producir ninguna degradación en la calidad de la transmisión.

Apéndice III

Información sobre un sensor para detectar agua en fibras ópticas

Este apéndice presenta un sensor para detectar agua en fibras ópticas que mide la penetración de agua en redes de acceso japonesas. Describe el método de medición para detectar la penetración de agua.

III.1 Introducción

El sensor para detectar agua en fibras ópticas está unido a una fibra en el interior de un registro de fibra óptica. Está diseñado para producir un aumento de la atenuación de la fibra cuando el agua penetra en el registro. Entonces, el OTDR (medidor de reflexión óptica en el dominio del tiempo)

mide el aumento de las pérdidas de forma que se puede detectar que ha penetrado agua y dónde se ha producido (figura III.1). Normalmente se han adaptado las fibras de mantenimiento en cinta.

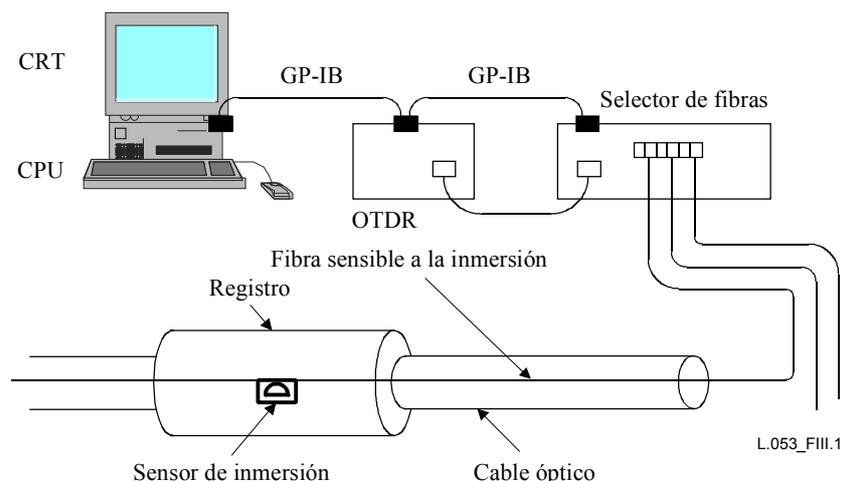


Figura III.1/L.53 – Sensor para detectar agua en fibras ópticas

III.2 Estructura del sensor

La figura III.2 muestra la estructura de un sensor para detectar agua en las fibras ópticas. El sensor está compuesto principalmente de dos partes. Una parte absorbe el agua y la otra dispone de una guía que puede doblar la fibra. El radio de doblado está diseñado en función de las características de la fibra óptica. Este sensor está adaptado para fibras en cinta.

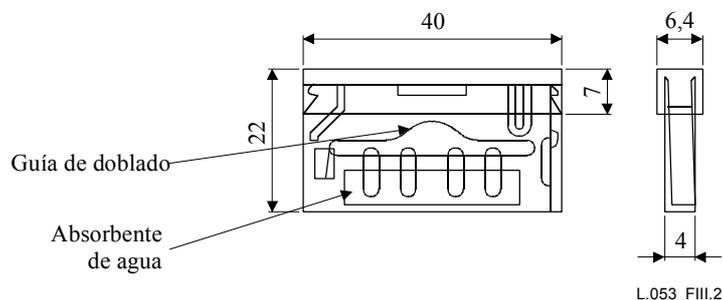


Figura III.2/L.53 – Estructura del sensor para detectar agua en fibras ópticas

III.3 Principio de detección de agua

Se puede detectar que ha penetrado agua de la forma siguiente:

- 1) Cuando el agua penetra en el registro y se moja el sensor, el absorbente de agua del sensor se expande. Este sensor es sensible al vapor de agua.
- 2) El absorbente empapado de agua empuja a la guía de doblado de forma que dobla la fibra y produce entonces un incremento de las pérdidas (figura III.3).
- 3) Se puede detectar la penetración de agua y su ubicación cuando el OTDR mide el incremento de las pérdidas (figura III.4).

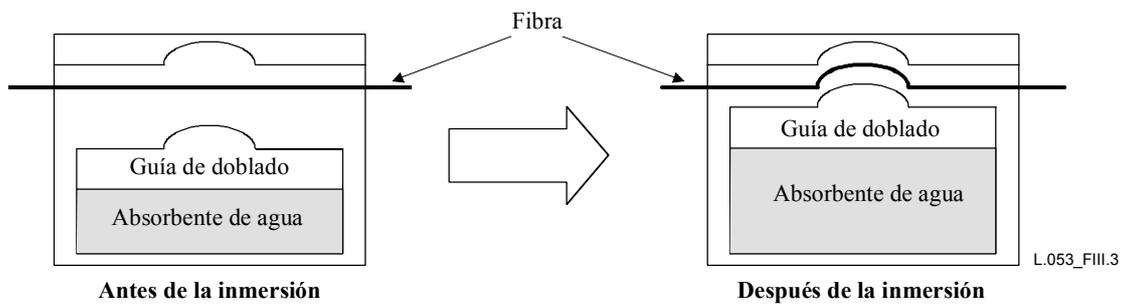


Figura III.3/L.53 – Doblamiento de la fibra después de la absorción de agua

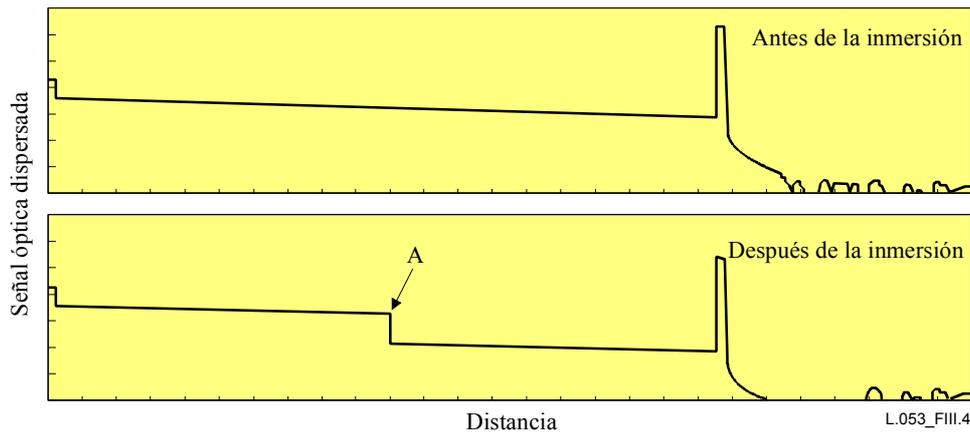


Figura III.4/L.53 – Ejemplo de la traza del OTDR antes y después de la penetración de agua

III.4 Características del sensor

Elemento	Descripción
Fibra óptica aplicable	Fibra en cinta – 4 (G.652)
Temperatura de funcionamiento	De 0° a 40° C
Tiempo de respuesta	24 horas
Pérdidas de inserción antes de la inmersión	0,01 dB
Incremento de las pérdidas para una longitud de onda de 1,55 μm	Más de 2,0 dB
Peso	Aproximadamente 4 g

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	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, 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, facsímil 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