

Implementación de maqueta para el estudio de redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabit (G-Pon)

Héctor Núñez
Gloria Carvalho
Antonio Callocchia
Freddy Brito

Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones
Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda
Complejo Tecnológico Simón Rodríguez
hnunez@cendit.gob.ve

Fecha de recepción: 08 - 10 - 2015 Fecha de aceptación: 12- 11- 2015

Resumen

El objetivo fundamental de este proyecto es ofrecer al sector de las telecomunicaciones del país competencia en el diseño, instalación y operación de sistemas de comunicaciones ópticas, específicamente en redes ópticas pasivas y arquitecturas de redes de fibra óptica hasta los hogares (FTTH, del inglés Fiber To The Home). Asimismo, se propuso como objetivo evaluar los sistemas ya instalados, con miras a aumentar su

penetración en la población, capacidad, eficiencia y calidad, utilizando tecnologías como las citadas anteriormente. Esto permitirá una evolución de dichas redes, favorecerá el progreso del país y el aprovechamiento de tal infraestructura para solucionar problemas presentes en otros campos como, por ejemplo, la medicina, la producción de alimentos, la educación, entre otros. Para el logro de los objetivos, se propuso construir una maqueta FTTH bajo protocolo G-PON (redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits) a través de equipamiento

activo y pasivo comercial, utilizado para este tipo de despliegues. Así se constituyó un banco de pruebas que servirá de apoyo en la planificación de las redes ópticas de acceso y permitirá el entrenamiento a cooperativas y colectivos organizados para la instalación y despliegue de la tecnología G-PON en nuestro país. Se plantea la ejecución de pruebas de laboratorio a fin de verificar el correcto funcionamiento.

Palabras clave: Fibra óptica; FTTH; G-PON; Red de acceso; instalación.

Implementation Of model for the study of passive optical Networks Gigabit (G-Pon)

Abstract

The fundamental objective of this project is to offer the country's telecommunications sector competence in the design, installation and operation of optical communications systems, specifically in passive optical networks and fiber-to-the-home (FTTH) network architectures. Likewise, the objective was to evaluate the systems already installed, with a view to increasing their

penetration in the population, capacity, efficiency and quality, using technologies such as those mentioned above. This will allow an evolution of these networks, favor the progress of the country and the use of such infrastructure to solve problems present in other fields such as medicine, food production, education, among others. To achieve the objectives, it was proposed to build an FTTH model under the G-PON protocol (passive optical networks with gigabit capacity) through commercial active

and passive equipment, used for this type of deployment. Thus, a test bench was established to support the planning of optical access networks and to allow the training of cooperatives and organized groups for the installation and deployment of G-PON technology in our country. The execution of laboratory tests is planned in order to verify the correct operation.

Keywords: Optical fiber; FTTH; GPON access network; installation.

Introducción

Es un hecho reconocido que la red de acceso basada en cobre es un cuello de botella para la evolución de los servicios y aplicaciones de telecomunicaciones que cada vez requieren mayor ancho de banda. La única solución vislumbrada a nivel mundial para este problema son las redes de acceso con arquitectura FTTH

bajo protocolo G-PON. En este tipo de redes se pueden conectar hasta 64 usuarios por cada puerto, en una topología de árbol con puntos de división conocidos como divisores ópticos (Splitter). El “tronco” de este árbol es una única fibra óptica que sale desde la central y es compartida por los 64 usuarios de manera bidireccional, como se visualiza en el ejemplo de la Figura 1.

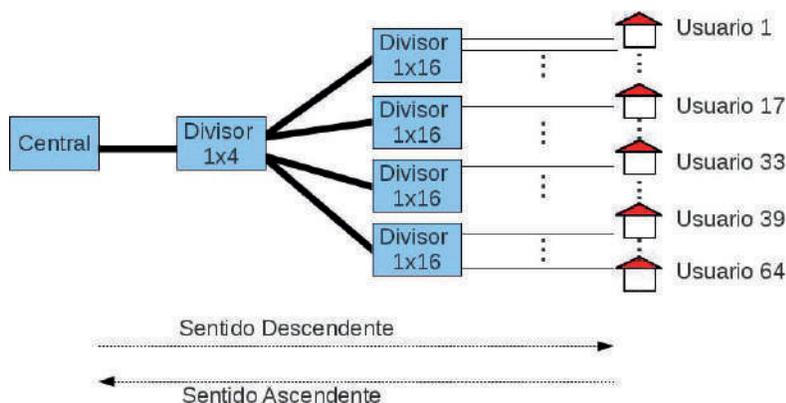


Figura 1. Ejemplo de arquitectura FTTH bajo protocolo G-PON

La señal en sentido descendente (central - usuarios) es multiplexada en longitud de onda, es decir, a cada usuario le corresponde una porción espectral diferente. Esta señal descendente es diferenciada de la señal ascendente (usuarios - central) por el uso de una ventana óptica de operación distinta, es decir, las señales de subida y bajada viajan a través de la misma fibra óptica. Bajo protocolo G-PON, la señal descendente se ubica en la ventana de 1550 nm y la señal ascendente en la ventana de 1310 nm. Dada las propiedades intrínsecas de la fibra óptica, esta condición hace que existan atenuaciones diferentes para el enlace de subida y de bajada, a

pesar de tratarse físicamente del mismo medio guiado. Este parámetro se ve influido también por la distancia a la que se encuentra cada usuario, por lo que existirán 128 condiciones diferentes de atenuación (64 de subida y 64 de bajada) en una misma red. El peor de los casos es la condición del usuario con mayor atenuación (UIT-T G.984, 11/1996).

En los estudios preliminares para la implementación de la maqueta G-PON, la Dirección de Fotónica de la Fundación Cendit ha desarrollado dos herramientas computacionales que servirán de apoyo en los proyectos de despliegue de las redes FTTH. La primera de ellas es

una herramienta capaz de realizar el diseño automático de un enlace en una red óptica pasiva bajo protocolo G-PON, lo que permite al planificador de la red seleccionar entre un conjunto de opciones comerciales, a las cuales la herramienta asocia automáticamente los parámetros inherentes para calcular el presupuesto de potencia óptica. Asimismo, la herramienta compara tanto los datos de entrada como los resultados con los valores establecidos en las recomendaciones internacionales para cada caso; esto arroja los respectivos mensajes de alerta de ser necesario. La segunda herramienta consiste en un sistema de detección de fallas, el cual permitirá, una vez que estén instalados y operativos los enlaces FTTH que despliegue la CANTV, detectar fallas en los mismos a través de la evaluación de los resultados de las distintas pruebas realizadas, comparando estos con los parámetros de diseño o con los valores definidos por las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Por otra parte, se elaboró un protocolo de pruebas de fibra óptica instalada, aplicable a despliegues G-PON, en donde se establecen los métodos de pruebas y ensayos para la aprobación de la fibra óptica instalada, con la finalidad de asegurar que el cableado instalado cumple con los estándares de rendimiento para la transmisión. De esta manera, se facilita el mantenimiento, la gestión y la escalabilidad de la red con miras a la integración de las plataformas de telecomunicaciones latinoamericanas. Además, se elaboró un manual de instalación de fibra óptica monomodo, el cual contempla información de las técnicas de tendido de fibra óptica basada

en normas, estándares y recomendaciones nacionales e internacionales, con la finalidad de apoyar a las empresas del Estado en los proyectos de despliegue de las redes ópticas y facilitar, de esta manera, la gestión y el mantenimiento de las redes.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de la herramienta computacional de diseño automático de un enlace de fibra óptica para una red bajo protocolo G-PON, en primer lugar, se recopiló información sobre las características de estas tecnologías a partir de las recomendaciones internacionales. En segundo lugar, se determinaron las características y ecuaciones asociadas al cálculo de potencia óptica y atenuación en una red bajo protocolo G-PON.

En tercer lugar, se hizo un análisis del estudio de lenguaje de programación a utilizar. En cuarto lugar, se procedió a realizar el código fuente para poner en funcionamiento la aplicación a partir del cálculo de la atenuación total y finalmente se generó el esquema general del diseño mediante una interfaz gráfica.

Para el caso del sistema de detección de fallas en redes con arquitectura FTTH bajo protocolo G-PON, se definieron las posibles fallas que se pueden presentar en una red de acceso con esta tecnología, se estudiaron las posibles causas y los mecanismos para distinguirlas. A partir de las recomendaciones internacionales para redes FTTH, se establecieron las pruebas y los respectivos protocolos de medición aplicables para verificaciones de campo. Se asociaron los mecanismos para distinguir entre fallas y los protocolos de medición y

finalmente se estructuró un flujograma de las fallas y las causas asociadas para ofrecer una lista de instrucciones que solicitan al usuario ejecutar una serie de acciones para realizar luego la evaluación de los resultados. En función de esto, la aplicación procesa automáticamente la información y ubica una serie de pasos a seguir.

Para la elaboración del protocolo de pruebas en enlaces de fibra óptica instalada, se recopiló información de normativas, estándares y recomendaciones internacionales. Dicha recopilación se fundamentó en la investigación de aspectos relacionados a la inspección visual de la instalación y características de la transmisión. Posterior a esto, se identificaron los parámetros que son sometidos al protocolo de pruebas y se realizó una matriz tomando en cuenta los parámetros sometidos a prueba y la instrumentación y normativa de referencia para cada prueba. Se elaboró una lista de categorías de fibra óptica definidas por la UIT y se concluyó con la elaboración del protocolo donde se describe la instrumentación necesaria para la elaboración de las pruebas, distintos métodos de prueba aplicables en campo, procedimientos adecuados para la conexión de los equipos y procedimientos para la realización de cada prueba.

Por último, para la elaboración del manual de instalación de fibra óptica monomodo, se recopiló información de normativas, estándares y recomendaciones nacionales e internacionales fundamentada en la investigación de las técnicas de tendido de fibra óptica. Se realizó, también, una matriz tomando en cuenta el nombre del manual, las

técnicas de instalación y las normativas de referencia. Por consiguiente, se elaboró un único manual contentivo de cada una de las técnicas de instalación de fibra óptica definidas a nivel de recomendaciones de la UIT.

Resultados y discusión

A continuación, se muestra una serie de imágenes en la cual se pueden apreciar algunas capturas de pantalla de los distintos productos obtenidos como resultados de la implementación de la maqueta G-PON. Entre las imágenes se podrá observar la pantalla principal de captura de datos de la herramienta computacional para el diseño automático de un enlace de fibra óptica para una red bajo protocolo G-PON, y la pantalla de inicio del sistema integral de detección de fallas en redes con arquitectura FTTH bajo el mismo protocolo. Luego de las capturas de pantalla, se podrá apreciar una de las imágenes de los distintos protocolos de prueba de fibra óptica monomodo, definidos como las tablas generadas para estos.

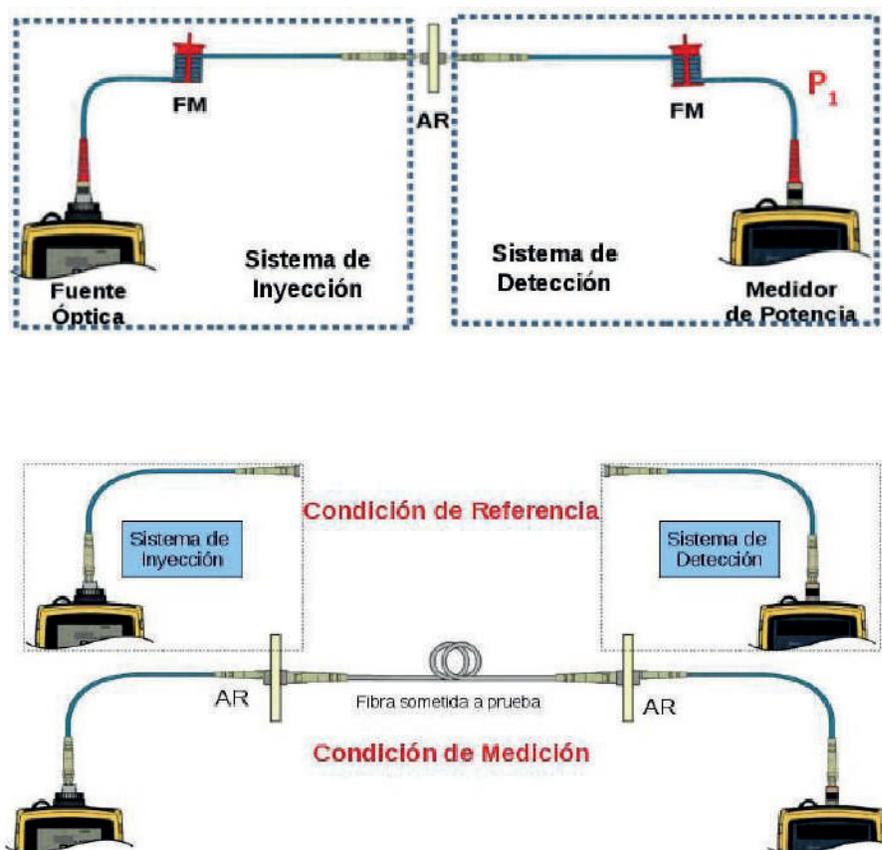
Figura 2. Herramienta computacional para el diseño automático de un enlace de fibra óptica para una red bajo protocolo G-PON



Figura 3. Sistema integral de detección de fallas en redes con arquitectura FTTH bajo protocolo GPON



Figura 4. Condiciones de medición de atenuación – Protocolos de prueba de fibra óptica monomodo



La tabla 1 se generó a partir de las recomendaciones de la UIT serie G, **sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (UIT-T G.652,06/2005)**, (UIT-T G.653, 07/2010), (UIT-T G.654, 07/2010), (UIT-T G.655, 11/2009), (UIT-T G.656, 07/2010), (**UIT-T G.657, 12/2006**); y de las Normativas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC 60793-1-40, 07/2001), (IEC 61300-3-6, 12/2008), (IEC 60793-1-47, 03/2003). Los resultados mostrados en la tabla se comparan con los resultados obtenidos en las pruebas de campo; estos últimos no deben superar los valores límites que se indican en la tabla. La tabla 2 se generó a partir de las recomendaciones de la UIT serie L, construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior.

Tabla 1. Lista de categorías de fibras ópticas monomodo

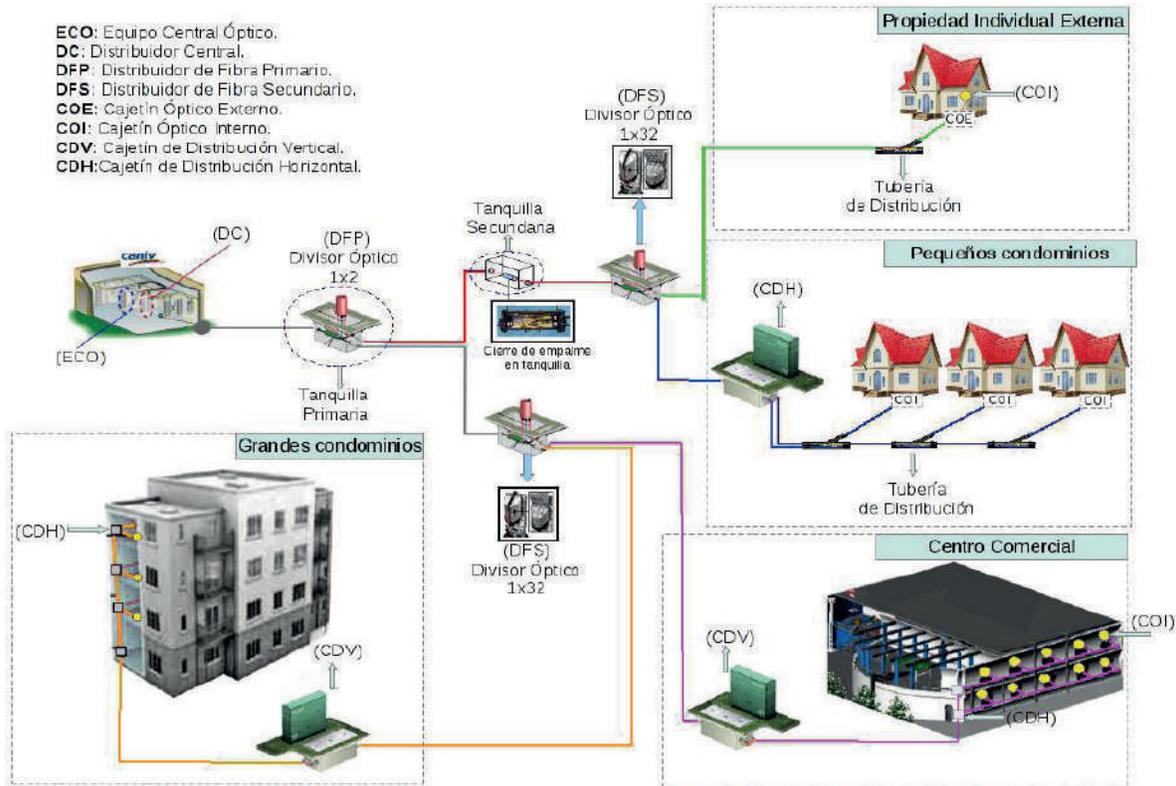
Parámetro	G.652	G.653	G.654	G.655	G.656	G.657
Coefficiente de atenuación (dB/km)	1310 nm ≤ 0,4	--	--	1310 nm ≤ 0,4	1460 nm ≤ 0,4	1310 nm ≤ 0,5
	1550 nm ≤ 0,3	1550 nm ≤ 0,35	1550 nm ≤ 0,22	1550 nm ≤ 0,35	1550 nm ≤ 0,35	1550 nm ≤ 0,3
	1625 nm ≤ 0,4	--	--	1625 nm ≤ 0,4	1625 nm ≤ 0,4	1625 nm ≤ 0,4
Pérdida por inserción (dB máx)	Conectores 0,75 Empalmes 0,3	Conectores 0,75 Empalmes 0,3	Conectores 0,75 Empalmes 0,3	Conectores 0,75 Empalmes 0,3	Conectores 0,75 Empalmes 0,3	Conectores 0,75 Empalmes 0,3
Pérdida por retorno (dB mín)	35	35	35	35	35	35
Diámetro del campo modal (μm)	1310 nm 8,6 - 9,5 Tolerancia ±0,6	1550 nm 7,8-8,5 μm Tolerancia ±0,8	1550 nm 9,5-10,5 Tolerancia ±0,7	1550 nm 8 - 11 Tolerancia ±0,6	1550 nm 7 - 11 Tolerancia ±0,7	1310 nm 8,6 - 9,5 Tolerancia ±0,4
Diámetro del revestimiento (μm)	125 Tolerancia ±1	125 Tolerancia ±1	125 Tolerancia ±1	125 Tolerancia ±1	125 Tolerancia ±0,7	125 Tolerancia ±0,7

Tabla 2. Matriz de normas y recomendaciones para la instalación de fibra óptica monomodo

Manual	Técnicas	Normas	Recomendaciones
Preparación del suelo	Estudio del suelo	--	UIT-T L.39
	Mapeo rápido de redes subterráneas	--	UIT-T L.84
Apertura de zanjas	Minizanjás	--	UIT-T L.48
	Microzanjas	--	UIT-T L.49
	Zanjás en redes FTTx	--	UT-T L.83
Técnicas de instalación	Aérea	--	--
	Aire comprimido	--	UIT-T L.57
	Flotante	--	UIT-T L.61
	Alcantarillado	--	UIT-T L.77
	Sin excavación	--	UIT-T L.38
	Planta externa	EN 50174-3	--
Empalmes	Elaboración de empalmes	--	UIT-T L.12
Conectores	Instalación de conectores	--	UIT-T L.36
Tanquillas y armarios	Características de las tanquillas y armarios	ETS 300-119-1 ETS 300-119-2	UIT-T L.71

La Figura 5 muestra la arquitectura de red con tecnología GPON utilizada para desarrollar el manual de instalación y el protocolo de pruebas para fibra óptica monomodo, anteriormente descritos.

Figura 5. Esquema de la red G-PON - Manual de instalación de fibra óptica monomodo



Los productos descritos en las figuras y tablas están siendo evaluados y utilizados por la CANTV.

Conclusiones

Al llevarse a cabo la integración de los tres factores claves (conocimientos especializados en el diseño de redes ópticas, condiciones límites establecidas en protocolos, recomendaciones internacionales y características reales de los dispositivos comerciales), se logra a través de la ingeniería, la reducción de los posibles errores humanos en cuanto a la planificación y diseño de sistemas.

De esta manera, se asegura la consideración de elementos claves como márgenes de envejecimiento y de seguridad que apuntan hacia la calidad y estandarización de los sistemas. Disponer de una herramienta computacional para el diseño automático de las redes ópticas pasivas facilita los estudios de factibilidad económica, ya que de manera instantánea se puede conocer el impacto, desde el punto de vista técnico, de adquirir carretes de fibra de una determinada longitud, o de realizar una determinada configuración de divisores ópticos, la selección del tipo de conectores a utilizar, entre otros aspectos. Al utilizar la

programación PHP como base para la herramienta computacional, se garantiza la compatibilidad con diferentes sistemas operativos, además de ajustarse a requerimientos particulares o mejoras, promoviendo el dominio nacional en el diseño de estas redes, próximas a ser implementadas en nuestro país.

Si se conoce la naturaleza de las fallas y cómo los resultados de los equipos de comprobación informan de estos, se puede reducir significativamente el tiempo para la corrección de cualquier anomalía presente en la instalación de la fibra óptica, por ejemplo, un error

durante el proceso de instalación o algún componente defectuoso. Siguiendo las normativas y recomendaciones para la instalación de fibra óptica, se pueden aplicar correctamente los métodos y procedimientos al momento de realizar estas prácticas, y se puede verificar que dicha instalación cumple con los requisitos para su aprobación. El desarrollo del manual de instalación sirve como aporte a la estandarización de los sistemas de telecomunicaciones y propone métodos necesarios para la verificación de la instalación de la fibra óptica. Esto acredita a las empresas de telecomunicaciones en nuestro país para su uso en el momento de despliegue de servicios.

La importancia de los productos descritos radica en que son novedosos para el sector de telecomunicaciones de Venezuela, ya que, por un lado, los desarrollos propuestos en materia de GPON y FTTH no han sido implementados, pues surgen precisamente de una necesidad en materia de modernización de las redes de acceso y, por otro lado, los manuales obtenidos pudieran ser tomados en cuenta por las instituciones en materia de normalización de nuestro país, para garantizar la homogeneidad y compatibilidad de las redes de fibra óptica nacionales.

Agradecimiento

El equipo de trabajo agradece al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología – FONACIT por el financiamiento de este proyecto, y a la Gerencia de Medios de Acceso de CANTV por la importante colaboración de Xavier Zuloaga, Vanessa Villegas y Jhonatan Zapata.

Referencias bibliográficas

Comisión Electrotécnica Internacional. (2001). Normativa Internacional IEC 60793-1-40: Optical fibres – Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation, Versión 07/2001.

Comisión Electrotécnica Internacional. (2008). Normativa Internacional IEC 61300-3-6: Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-6: Examinations and measurements – Return loss, Versión 12/2008.

Comisión Electrotécnica Internacional. (2003). Normativa Internacional IEC 60793-1-47: Optical fibres – Part 1-47: Measurement methods and test procedures – Macrobending loss, Versión 03/2003.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Normalización. (1996). Recomendación UIT-T G.984: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos, Versión 11/1996.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Normalización. (2005). Recomendación UIT-T G.652: Características de las fibras y cables ópticos monomodo, Versión 06/2005.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Normalización. (2010). Recomendación UIT-T G.653: Características de los ca-

bles y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada, Versión 07/2010.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Normalización. (2010). Recomendación UIT-T G.654: Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado, Versión 07/2010.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Normalización. (2009). Recomendación UIT-T G.655: Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula, Versión 11/2009.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Normalización. (2010). Recomendación UIT-T G.656: Características de las fibras y cables con dispersión no nula para el transporte óptico de banda ancha, Versión 07/2010.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Normalización. (2006). Recomendación UIT-T G.657: Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la red de acceso, Versión 12/2006.