



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Las comunicaciones ópticas
en México: actualidad y
tendencias**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero en Telecomunicaciones

P R E S E N T A

Karen Alejandra García Oscura

DIRECTOR DE TESIS

Mtro. Enrique Octavio Díaz Cerón



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Este trabajo representa el esfuerzo de poco más de un año de investigación y la culminación de un ciclo. No sólo quiero agradecer, si no también dedicarlo a todas esas personas que lo hicieron posible.

A mi mamá, Alejandra, por llenar de amor mi vida y por ser mi más grande ejemplo de trabajo, constancia y fortaleza. Gracias por apoyarme en cada uno de los pasos que doy, y por enseñarme que no hay límites cuando se quiere alcanzar un meta. Todo lo que soy es gracias a ti. Jamás podré pagarte todo lo que has hecho y haces por mí.

A mis abuelos, por todo su amor y sus cuidados. Ustedes han sido parte fundamental en mi crecimiento. Quiero agradecerles porque en cada palabra y acción que tienen hacia mí, me hacen sentir la más amada. Estoy profundamente agradecida de tenerlos conmigo.

A mi tía Lucía y a mi primo Isaac, por motivarme constantemente. Gracias por compartir tantos momentos conmigo y por siempre expresarme lo mucho que creen en mí. Gracias por su amor incondicional.

A Omar, por su infinito amor y comprensión. Gracias por ser mi cómplice y mi complemento. Te agradezco porque, cuando sentía que todo era oscuridad, estuviste ahí para prender la luz.

A Adriana, Elías, Bruno, Fer, Luis y Mike, porque la Universidad no habría sido lo mismo sin ustedes. Les agradezco por las interminables risas, y por estar ahí cuando más los necesite. Sé que nuestra amistad perdurará.

Al profesor Enrique Díaz Cerón, por el tiempo brindado y, sobre todo, por sembrar en mí la conciencia de buscar el progreso de forma honesta y a través del trabajo.

A todas aquellas personas que se cruzaron en mi camino y que, gracias a buenas o difíciles experiencias, me dejaron grandes enseñanzas.

Finalmente, a la Universidad Nacional Autónoma de México, mi *alma máter*, por todo lo que aprendí en sus aulas. Es un profundo orgullo el pertenecer a ella.

«Probablemente de todos nuestros sentimientos
el único que no es verdaderamente nuestro es la
esperanza.

La esperanza le pertenece a la vida, es la vida
misma defendiéndose.»

Julio Cortázar

Índice

Introducción	1
Objetivos	4
Análisis de la problemática	4
Capítulo 1. Antecedentes históricos de las comunicaciones ópticas en México y el mundo	6
1.1 Antecedentes mundiales.....	6
1.2 Antecedentes en México.....	19
Capítulo 2. Marco conceptual	27
2.1 Definición de Telecomunicaciones	27
2.2 Definición de Comunicación.....	27
2.3 Definición de Óptica.....	28
2.4 Definición de Sistema de Comunicación	30
2.5 Definición de Sistema de Comunicación Óptica.....	31
2.6 Definición de Fibra Óptica.....	32
2.7 Definición de FTTx.....	37
2.8 Definición de Banda Ancha	38
2.9 Definición de Acceso al Usuario Final	39
Capítulo 3. Marco jurídico y políticas públicas	41
3.1 Reforma Constitucional en Materia de Telecomunicaciones y Competencia	41
3.2 Ley Orgánica de la Administración Pública Federal	42
3.3 Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión	43
3.4 Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes	43
3.5 Extracto del Título de Concesión para instalar, operar y explotar una red pública de telecomunicaciones otorgado en favor de la Comisión Federal de Electricidad.....	45
3.6 Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012	51
3.7 Estrategia Nacional de Conectividad	51
3.8 AgendaDigital.mx	51

3.9 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.....	52
3.10 Estrategia Digital Nacional.....	52
3.11 Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte.....	53
3.12 <i>Broadband Strategy for Sweden</i>	53
3.13 <i>Plan Nacional de Banda Larga</i>	54
3.14 <i>France Très Haut Débit</i>	55
3.15 Recomendaciones UIT-T.....	57
3.15.1 Recomendación UIT-T G.651.1: Características de los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 µm para la red de acceso óptico.....	57
3.15.2 Recomendación UIT-T G.652: Características de las fibras y cables ópticos monomodo	58
Capítulo 4. Tecnologías de fibra óptica disponibles actualmente y tendencias.....	64
4.1 Redes Ópticas Pasivas.....	64
4.1.1 Tecnologías PON actuales.....	68
4.1.2 Fiber To The Home.....	73
4.2 Ethernet de 40 y 100 Gbps.....	74
4.2.1 Ethernet de 100 Gbps sobre redes ópticas DWDM.....	78
4.3 Li-Fi.....	82
Capítulo 5. El mercado de las telecomunicaciones ópticas en México y el mundo.....	87
5.1 Mercado nacional.....	89
5.1.1 TELMEX.....	94
5.1.2 Izzi.....	101
5.1.3 Megacable.....	103
5.1.4 Axtel.....	106
5.1.5 Totalplay.....	111
5.2 Mercado internacional.....	117
5.2.1 NTT (Japón).....	117
5.2.2 Orange (Francia).....	121
5.2.3 Telia (Suecia).....	133
5.1.4 Telstra (Australia).....	138
5.2.4 Antel (Uruguay).....	146
5.3 Comparación entre el mercado mexicano e internacional.....	150

Capítulo 6. Diagnóstico de la situación actual de las comunicaciones ópticas en México	156
.....	
Capítulo 7. Propuesta para atender la problemática	164
7.1 Propuesta: Elaboración de una política pública de banda ancha que dentro de sus objetivos principales contemple la ampliación de la cobertura de redes ópticas en el país	164
7.2 Propuesta: Impulso a la formación de ingenieros en telecomunicaciones en materia jurídica y económica para el progreso de las comunicaciones ópticas	166
7.3 Propuesta: Realizar y dar seguimiento a investigaciones sobre el mercado y los aspectos jurídicos que rigen las comunicaciones ópticas	168
Capítulo 8. Conclusión	172
Capítulo 9. Recomendaciones	173
9.1 Recomendación para el Instituto Federal de Telecomunicaciones: Revisión de tarifas de servicios fijos vía fibra óptica	173
9.2 Recomendación para el Instituto Federal de Telecomunicaciones y el Gobierno Federal: Revisión de la desagregación del bucle local de TELMEX	174
9.3 Recomendación para el Instituto Federal de Telecomunicaciones: Mayor difusión de la fibra óptica hacia el usuario para promover los servicios a través de este medio de transmisión	176
Referencias	177
Bibliográficas	177
Electrónicas	177
Audiovisuales	189
Listado de figuras, tablas y gráficas	190
Figuras	191
Tablas	192
Gráficas	195
Anexos	196
Acrónimos	197

Introducción

El punto central de esta investigación es conocer y analizar el contexto actual de las comunicaciones ópticas en México. Para efectos de este trabajo, se entenderá a las comunicaciones ópticas como tecnología para la entrega de servicios de banda ancha fija a través de las arquitecturas FTTx disponibles en el mercado de telecomunicaciones. Comprendiendo dicho contexto, se identificarán los aciertos que han conducido a que en los últimos años se haya tenido un considerable progreso en la penetración de servicios a través de fibra óptica; pero, también los errores que han influido en que el país todavía se encuentre rezagado frente a otras naciones.

La fibra óptica es el referente por excelencia cuando hablamos de banda ancha fija. Esto gracias a sus cualidades, las cuales le permiten transmitir información a altas velocidades y a grandes distancias sin sacrificar la potencia de la señal.

A nivel mundial, las bondades de la fibra óptica han acaparado la atención de la industria de las telecomunicaciones; motivando a proveedores de tecnología y servicios a enfocar su trabajo en la fabricación de equipos ópticos y en el despliegue de redes basadas en dicho medio de transmisión para la entrega de sus servicios. Las comunicaciones ópticas representaron un éxito, sobre todo, en los mercados europeo y asiático de telecomunicaciones. Esta modalidad de conectividad, trajo consigo una nueva generación de servicios de banda ancha.

El presente trabajo abarca aspectos históricos, jurídicos, tecnológicos y de mercado referente a las comunicaciones ópticas. En el primer capítulo se realiza un recuento histórico sobre la evolución de las comunicaciones ópticas, desde los telégrafos ópticos, pasando por la invención del láser y la fibra óptica, hasta los proyectos que surgieron a raíz de la aparición de la fibra óptica. Asimismo, se estudian los hechos que conforman la joven historia de las comunicaciones a través de fibra óptica en México.

En el segundo capítulo se definen los términos más importantes relacionados con las comunicaciones ópticas, los cuales permitirán comprender en qué consiste este tipo de

comunicación digital. Igualmente, se presentan algunos términos relacionados con los servicios provistos a través de fibra óptica y que serán mencionados en el contenido de capítulos posteriores.

Es en el tercer capítulo donde se abordarán los fundamentos jurídicos de este análisis; citando algunos puntos de los documentos nacionales más recientes donde han sido incluidas las comunicaciones ópticas. Asimismo, se estudiarán las facultades de los organismos mexicanos de telecomunicaciones a quienes les compete el ámbito de las comunicaciones por fibra óptica. Adicionalmente, se hablará de ciertas políticas públicas implementadas en Suecia, Francia y Brasil que resultan enriquecedoras para esta investigación. Sin dejar de lado que también se citarán las dos recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones sobre características físicas y técnicas de la fibra óptica para las comunicaciones ópticas.

En el capítulo cuarto se describen las tecnologías ópticas más utilizadas hoy en día en la industria de las telecomunicaciones, tales como las redes ópticas pasiva, sus estándares y arquitecturas más importantes: FTTx. Estas últimas han adquirido suma relevancia en la entrega de servicios de banda ancha, convirtiéndose en las arquitecturas más implementadas hoy en día. Igualmente, se examina la implementación del protocolo Ethernet en redes de transporte óptico con DWDM; tecnología de transporte que actualmente es una eficiente solución para redes regionales con gran capacidad de tráfico. Finalmente, el capítulo concluye con una innovadora tecnología de comunicaciones ópticas inalámbricas llamada Li-Fi, la cual sigue en etapa de experimentación; sin embargo, se espera llegue a complementar de forma eficiente a la tecnología Wi-Fi.

Posteriormente, en el quinto capítulo se compara la penetración de los servicios a través de fibra óptica en México comparada con la de países como Japón, Francia, Suecia, Australia y Uruguay. Además, se realiza un análisis de las propuestas comerciales de servicios de telecomunicaciones vía fibra óptica de los principales proveedores de servicios de banda ancha fija en México y del operador con mayor presencia en el mercado de cada uno de los países ya mencionados. Dicho análisis, permitirá comparar las tarifas y características que se ofrecen en México frente a las que son ofrecidas en los países contemplados en esta investigación; evaluando así, cómo se encuentra el país en materia de precios y características incluidas en sus ofertas, comparado con dichos países.

Con base en el análisis de los ordenamientos jurídicos nacionales que contemplan el uso y despliegue de fibra óptica, y de las condiciones en las que se encuentra el mercado mexicano de

servicios fijos de telecomunicaciones, en el sexto capítulo se expone el diagnóstico de las comunicaciones ópticas en México. Dicha diagnosis permite comprender los aciertos que el Gobierno mexicano y los proveedores de servicios han tenido, e identificar aquellos aspectos que se han descuidado y deben atenderse para incrementar el número de usuarios a través de fibra óptica y para garantizar la inclusión digital de cada vez más mexicanos teniendo como herramienta la comunicación óptica.

Esta investigación concluye con los capítulos séptimo, octavo y noveno. En los capítulos séptimo y noveno se plantean un conjunto de propuestas y recomendaciones, respectivamente, que se deben considerar para contrarrestar las deficiencias encontradas en el diagnóstico y de esta forma, potenciar el uso y despliegue de redes ópticas en México, y contar con profesionistas multidisciplinarios cada vez más interesados por forjar un porvenir fructífero para esta área de las telecomunicaciones. Las propuestas y recomendaciones están dirigidas al Gobierno Mexicano, a los organismos gubernamentales del sector de las telecomunicaciones, a los inversionistas, a la Facultad de Ingeniería de la UNAM y a las principales instituciones de educación superior en México. El octavo capítulo contiene la conclusión del trabajo de tesis planteado.

Objetivos

Los objetivos que la presente investigación plantea son los siguientes:

- Elaborar una serie de propuestas y recomendaciones, surgidas a raíz de las oportunidades de mejora halladas en el diagnóstico, y cuya intención sea el impulso al desarrollo de las comunicaciones ópticas como herramienta de inclusión digital y de desarrollo económico.
- Realizar un diagnóstico del contexto actual de las comunicaciones ópticas en México, a partir del estudio del marco jurídico, las políticas públicas nacionales y del comportamiento del mercado de servicios, a fin de reconocer aquellos aspectos que deben ser mejorados o que deben comenzar a ser tomados en cuenta si se busca el progreso de la fibra óptica dentro del sector de las telecomunicaciones.
- Analizar el marco jurídico nacional y las políticas públicas nacionales e internacionales en materia de banda ancha fija, para así determinar qué tanto se está haciendo en México y en el extranjero en torno al crecimiento de las comunicaciones ópticas.
- Analizar el mercado nacional e internacional de servicios de banda ancha a través de fibra óptica con el propósito de realizar una comparación que permita comprender el estado del mercado mexicano frente al de países con altas tasas de penetración o con un incremento importante en el número de suscriptores vía fibra.

Análisis de la problemática

Las comunicaciones ópticas, siendo una de las tecnologías de banda ancha fija más usadas a nivel mundial y que ha ido progresivamente sustituyendo a las comunicaciones tradicionales que emplean cable de cobre o coaxial, en México se encuentran rezagadas a causa de factores que van desde el escaso interés que el Gobierno ha puesto en crear las condiciones indispensables para que esta área de las telecomunicaciones prospere, hasta factores relacionados con lo selectivo que llega a ser el mercado de servicios.

Los escenarios en materia de banda ancha fija en los que hoy en día viven los usuarios mexicanos son dos muy marcados: no se cuenta con acceso o se tiene un acceso ineficiente ya que los medios de transmisión mencionados en el párrafo anterior, por sus características técnicas, no pueden garantizar más y mejores servicios. Para solventar estos problemas, el despliegue de redes de fibra óptica resulta ser una de las principales vías. La puesta en marcha de esta solución requiere del esfuerzo conjunto del Gobierno y de los prestadores de servicios y proveedores de tecnología; no obstante, esta cooperación no es evidente. Incluso, el trabajo de ambos por separado resulta insuficiente si se toma en cuenta la baja penetración que aún impera en los servicios entregados mediante fibra óptica.

La iniciativa privada, por su lado, ha concentrado su inversión en redes ópticas y servicios en ciertas zonas del país y segmentos del mercado; es decir, sólo un pequeño grupo de la sociedad puede beneficiarse de tales servicios. La causa de que el mercado de las comunicaciones ópticas sea un mercado cerrado, radica en lo inasequibles que resultan ser los servicios para una sociedad con una disparidad socioeconómica tan marcada, lo que deriva en una cobertura limitada que sólo atiende a zonas privilegiadas.

Por su parte, las últimas administraciones, no han tenido la visión de enriquecer el marco jurídico que escuetamente aborda a las comunicaciones ópticas, ni de crear un proyecto de banda ancha sólido que plantee como uno de sus objetivos primordiales el impulso al desarrollo de esta modalidad de comunicación –aun cuando se cuenta con la infraestructura de la Comisión Federal de Electricidad, y de la cual, el gobierno ya ha licitado parte-, a fin de garantizar que todos aquellos que no pueden adquirir un servicio de este tipo, ya sea por cuestiones económicas o de cobertura, puedan hacerlo ayudados por el Gobierno y por los proveedores de servicios.

Capítulo 1. Antecedentes históricos de las comunicaciones ópticas en México y el mundo

En este primer capítulo, se realizará un breve recorrido histórico sobre la evolución de las comunicaciones ópticas en el contexto internacional y nacional. Se estudiará desde la antigüedad, con la aparición de telégrafos ópticos, pasando por el teléfono óptico de Graham Bell desarrollado en 1880, llegando hasta las invenciones que dieron origen a los dos principales elementos de las comunicaciones ópticas modernas: el láser y la fibra óptica. Este último hecho permitirá continuar el recorrido a través de la historia, esta vez, estudiando el desarrollo de redes de comunicación basadas en fibra óptica como medio de transmisión.

1.1 Antecedentes mundiales

El origen de las comunicaciones ópticas se remonta a Alejandría en el año 500 a.C. con la invención del telégrafo de fuego. Este consistía una estación de recepción y otra de transmisión, ambas construidas sobre dos paredes separadas en lo alto de las colinas. Cada pared consistía en una muralla almenada, donde entre cada almena se ubicaban antorchas. Dependiendo de la cantidad y las posiciones en que se encontraban las antorchas en los almenajes, se podía leer el mensaje (ver Figura 1).¹



Figura 1. Estación receptora y transmisora del telégrafo de fuego
Fuente: Szymanczyk, O., "Historia de las telecomunicaciones mundiales".

¹ Szymanczyk, O. (2013). *Historia de las telecomunicaciones mundiales*. p. 17. Obtenido en marzo 28, 2016 de la página: https://books.google.com.mx/books?id=yjk0AgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Hacia el año 350 a.C., el escritor griego Eneas “el Táctico”, describió en su libro “El Arte del Asedio”, la invención del telégrafo de agua para uso del ejército griego, y el cual surgió para solventar las limitaciones de comunicación del telégrafo de fuego, ya que éste no indicaba detalles de los acontecimientos.

El sistema estaba compuesto por contenedores idénticos situados en colinas distantes. Cada recipiente era llenado con agua y una varilla vertical flotaba en su interior, las cuales tenían grabados una serie situaciones que podían presentarse durante las batallas. Para enviar un mensaje, el operador de la estación emisora debía utilizar una antorcha para indicar al receptor que se disponía a transmitir. Una vez que éste confirmaba que estaba listo, ambos abrían simultáneamente las válvulas situadas en el fondo de los contenedores. Conforme el nivel de agua bajaba, la varilla con los mensajes grabados también lo hacía. Cuando el mensaje deseado alcanzaba el borde del recipiente, el emisor ocultaba su antorcha para indicar el fin de la transmisión y ambas estaciones cerraban las válvulas de vaciado de forma simultánea. Era en ese momento, que el receptor podía leer el mensaje recibido (ver Figura 2).²



Figura 2. Telégrafo de agua

Fuente: Sitio web: BandaBase. <http://bandabase.com/telegrafo-de-agua/>

En el siglo XVIII, durante la Revolución Francesa, el francés Claude Chappe diseñó y construyó el telégrafo óptico. El sistema de comunicación consistía en una serie de postes con brazos móviles que adoptaban diversas posiciones y eran instalados en cadena para que cada torre retransmitiese el

² *Ibidem*, p. 20.

mensaje de la anterior y así, propagar la información (ver Figura 3). En 1793 se instalaron los primeros postes, llegando a tener una línea telegráfica de 230 km entre París y Lille. Dado el momento político y social que vivía Francia, las líneas de telegrafía óptica se propagaron por toda la nación, alcanzando los 3,000 km.³

La idea del sistema de comunicación por medio del telégrafo óptico implementada por los franceses, llegó hasta Suecia. En 1794, el sueco Abraham Edelcrantz construyó una línea de aproximadamente 7 km, desde el Palacio Real de Estocolmo hasta la ciudad de Drottningholm. Quince años después, la red sueca contaba con 200 km y 50 estaciones a lo largo del país.⁴

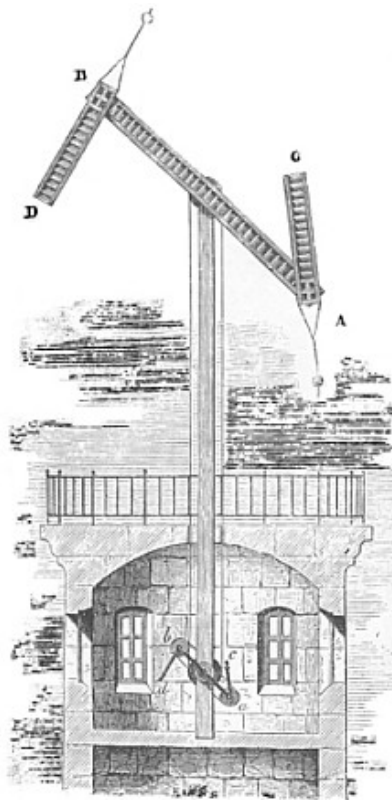


Figura 3. Telégrafo de Chappe

Fuente: Sitio web: ZTFNews. <https://ztfnews.wordpress.com>

Es en el año 1840, cuando los científicos Daniel Collodon y Jacques Babinet demuestran que la luz puede viajar a través de un chorro de agua; sin embargo, en 1854 es John Tyndall quien populariza la idea de usar al agua como guía para ondas de luz. Tyndall realizó experimentos en los

³ Pereda, M. (2001). *Páginas para una historia de las comunicaciones ópticas y la fotónica*. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: http://oa.upm.es/39090/1/Paginas_para_una_historia_de_las_comunicaciones_opticas_y_la_fotonica.pdf

⁴ *Ibidem* 3.

cuales transmitía un haz de luz a través del agua; con lo que mostró las propiedades de reflexión y refracción de una guía de onda líquida.⁵

En 1880, Alexander Graham Bell habló de la posibilidad de transmitir señales de voz a través de la luz. Esta idea lo lleva a desarrollar, cuatro años más tarde, un teléfono óptico llamado “fotófono”, cuyo funcionamiento se basaba en la reflexión de un haz luminoso, normalmente un rayo de sol, sobre un diafragma situado al final de una especie de trompetilla a través de la que se hablaba. La señal acústica hacía vibrar el diafragma y, con ello, se conseguía una modulación de intensidad en la luz que se reflejaba. La señal modulada era dirigida a un elemento sensible a la luz hecho de selenio, cuyas propiedades permitían convertir la señal luminosa a una corriente eléctrica que actuaba sobre un altavoz (ver Figura 4).

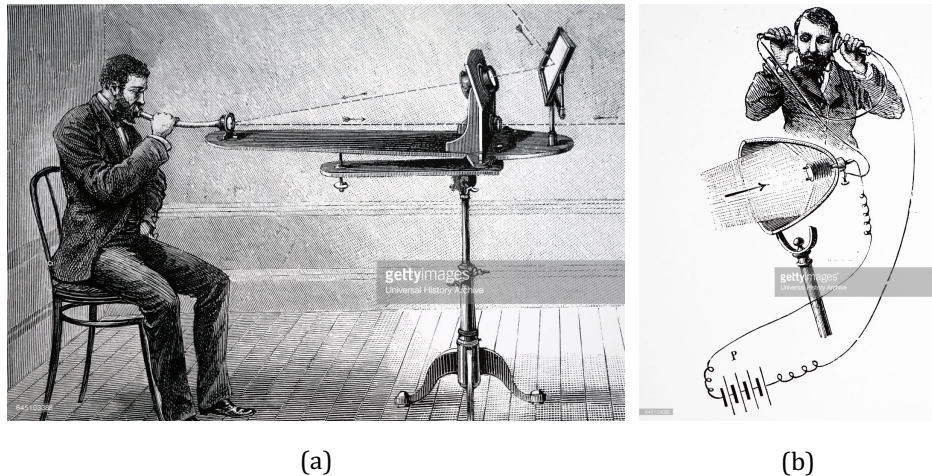


Figura 4. (a) Parte emisora del fotófono. (b) Parte receptora del fotófono.

Fuente: Sitio web: [gettyimages. http://www.gettyimages.com](http://www.gettyimages.com)

Mientras Bell trabajaba en la implementación del teléfono óptico, el ingeniero metalúrgico Charles Vernon Boys demostraba las excelentes propiedades mecánicas que poseían los cuarzos. Esto derivó en la obtención de las primeras fibras de vidrio de aproximadamente 2.5 micrómetros de diámetro, empleando un método que consistía en calentar la varilla de vidrio hasta que se encontrara parcialmente fundida, entonces se estiraba hasta que la propia solidificación del vidrio lo permitiera. A pesar los estudios realizados por Vernon Boys, las propiedades ópticas de los filamentos fabricados

⁵ Mánica Rincón, M. (2013). *Estudio de la fibra óptica y sus aplicaciones*. p. 8. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32715/1/manicarinconmanuel.pdf>

no fueron estudiadas sino hasta inicios del siglo XX, cuando se demostró que varillas de cuarzo podían transportar luz.⁶

Los primeros estudios científicos sobre un conductor óptico aparecieron en la revista británica “Nature” en 1954. Estos fueron publicados, individualmente, por los físicos Abraham Van Heel y Harold H. Hopkins.⁷ A partir de dichas publicaciones comienza la producción de fibra de vidrio para fines médicos, con atenuación de 1,000 dB/km.

El origen de las comunicaciones ópticas modernas se establece con la construcción de la primera fuente láser en 1960. El LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), creación de Theodore Maiman, producía radiaciones electromagnéticas en las longitudes de onda del espectro visible usando los estados energéticos de los átomos para crear, mediante cambios simultáneos de sus niveles, radiaciones electromagnéticas controladas. Con su construcción, se retomó la idea de utilizar la luz como vía de comunicación. Disponer de una radiación electromagnética con una frecuencia portadora muy por encima de la de las microondas, permitiría incrementar la capacidad del canal; es decir, se podría tener un gran número de transmisiones simultáneas compartiendo un mismo canal. No obstante, los medios de transmisión desarrollados hasta ese momento no eran los apropiados para hacer viajar las radiaciones provenientes de la fuente láser construida, esto detonó que los científicos especializados en óptica enfocaran su trabajo en encontrar el medio adecuado para transportar la luz generada en el láser.⁸

La contienda por fabricar el medio de transmisión idóneo se gestó principalmente en Estados Unidos y el Reino Unido. La prioridad de los norteamericanos era el diseño de grandes tendidos que les permitieran enlazar ciudades de costa a costa, mientras que lo más importante para el Reino Unido era conectar núcleos urbanos próximos.

En ambos países fueron las compañías telefónicas quienes impulsaron la búsqueda de un sistema de transmisión basado en luz. Durante los cinco años posteriores a la invención del láser, fue publicada una amplia serie de modelos de guías para microondas que comprobaran la posibilidad de

⁶ Ibídem 3.

⁷ Ibídem 5, p. 8.

⁸ Hernández Rodríguez, J. (2010). *Telecomunicaciones por sistemas ópticos*. p. 2. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7693/ice%20297.pdf?sequence=1>

transmitir información a través de luz; la mayoría de ellos, provenientes de los Laboratorio Bell y de los laboratorios británicos Standard Telecommunications Laboratories (STL).

Fueron dos las propuestas que despertaron el interés de la comunidad científica: basar la transmisión en un tubo largo de paredes metalizadas para alcanzar una mayor reflexión o añadir al mismo una serie de elementos que forzarán una transmisión lo más confocal posible. Después de la construcción de ambos prototipos y de realizar las pruebas pertinentes, se concluyó que ninguno de los dos planteamientos era viable. El primero presentaba un coeficiente de atenuación adecuado, por debajo de los 1.553 dB/km, y podía transmitir un elevado número de canales, pero su más grande limitante radicaba en la baja velocidad de transmisión obtenida debido a las diferentes características de propagación que presentaban los modos electromagnéticos que viajaban a lo largo del tubo. Los resultados del segundo proyecto arrojaron irregularidades en la superficie del tubo, las que originaban altos valores de dispersión modal.⁹

Aun con los resultados obtenidos, los investigadores de STL siguieron con la idea de utilizar luz para transmitir información a través de enlaces cortos. Un gran número de expertos en electromagnetismo se encontró trabajando en el naciente campo de las comunicaciones ópticas, entre ellos Antoni E. Karbowiak, quien llevaba alrededor de 10 años estudiando la posibilidad de transportar ondas del espectro visible en un medio material. Karbowiak y los ingenieros, Charles K. Kao y George A. Hockham, fueron los encargados del proyecto, cuyos fondos eran escasos. La idea de Karbowiak era transmitir luz a través de delgadas películas de 0.2 μm de grosor y 1 cm de ancho, fabricadas de algún tipo de polímero.¹⁰

Poco después, la investigación quedó en manos únicamente de Kao y Hockham. Ambos dejaron de lado la idea de una guía de onda plana y adoptaron la de utilizar filamentos de vidrio como medio de transmisión. El primero de sus trabajos fue estimar las propiedades de propagación que debía tener la guía. Tomando en cuenta la potencia de la fuente láser que podría ser introducida en el medio y la potencia que debería ser medida a la salida para una correcta detección, se concluyó que no debería tener pérdidas de potencias mayores a 20 dB/km.¹¹

⁹ Pereda, J. A. M. (2015). El largo y sinuoso camino de la fibra óptica. *Revista Española de Física*, 29(1), 11-17. p. 12. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://www.revistadefisica.es/index.php/ref/article/view/2039/1646>

¹⁰ Ibídem 9, p. 13.

¹¹ Ibídem 9, p. 13.

El tema más complicado fue el estudio del vidrio para la obtención de las fibras debido a que, hasta ese momento, no se habían estudiado las propiedades ópticas del material. Los productores de vidrio no tenían información sobre sus características porque su aplicación se había limitado a transportar luz unos cuantos centímetros.¹²



Figura 5. Charles Kao en 1965, realizando pruebas a la fibra óptica en STL

Fuente: Martín-Pereda, J., "El largo y sinuoso camino de la fibra óptica".

A pesar de la escasa información que se tenía del vidrio como conductor óptico, Charles K. Kao se dedicó a estudiar los tres fenómenos que más afectan a la luz durante su propagación a través de los filamentos de vidrio: reflexión, *scattering* y absorción. El tema del *scattering* lo resolvieron con una fórmula propuesta años antes por el doctor Robert Maurer, de la empresa fabricante de vidrio Corning Glass Works, que proporcionaba un estimado de su magnitud. En su momento, los estudios realizados por Maurer arrojaron que el *scattering* para una longitud de onda de $1\ \mu\text{m}$, debería ser del orden de 1 dB/km. Al aplicar a su estructura de prueba los cálculos aportados por Maurer, los investigadores de STL obtuvieron valores cercanos al dado por Maurer, lo que los convenció de que la idea de usar al vidrio como medio de transmisión no era descabellada. En cuanto a la energía del haz que es absorbida por el material, se encontró que estaba relacionada con las impurezas presentes en el vidrio; mientras menos impurezas se hallaran en el material, se tendrían menos pérdidas por

¹² *Ibíd*em 9, p. 13-14.

absorción. Tras los estudios, Kao concluyó que existía la posibilidad de tener pérdidas menores a los 20 dB/km mediante el correcto refinado del vidrio. Esto implicaba que fibras hechas de dióxido de silicio –también llamado óxido de silicio- (SiO_2) podían ser empleadas como medio transmisor de luz.¹³

Con las bases teórica, producto de los estudios realizados, STL comenzó con la parte empírica del proyecto. Se fabricaron fibras con núcleos por debajo de los 4 μm con las que se experimentó haciendo incidir un haz rojo proveniente de un láser de He-Ne; los resultados arrojaron altas pérdidas y una transmisión monomodo. Se hicieron más pruebas, esta vez con un láser de semiconductor y luz blanca. Tras probar los modelos de microondas de Hockham en la transmisión con dicho láser y ver su concordancia con lo obtenido, estimaron que las comunicaciones a través de fibras ópticas podrían ser una realidad.¹⁴

En enero de 1966, Kao y Hockham presentaron su propuesta ante la Institution of Electrical Engineers (IEE) en Londres. Es hasta julio del mismo año, que la IEE publica el artículo con los resultados conseguidos por los investigadores de STL. El artículo revelaba que, a cortas distancias, las guías de ondas ópticas desarrolladas por los laboratorios Standard Telecommunications tenían una capacidad de información de un gigaciclo, lo que equivalía a cerca de 200 canales de televisión o más de 200,000 líneas telefónicas. Dentro de la publicación se describe a las fibras como un núcleo de vidrio de entre 3 y 4 μm de diámetro, revestido con una capa de otro vidrio con índice de refracción aproximadamente de un 1% menor que el núcleo y con un diámetro total de la guía de onda entre 300 y 400 μm . Igualmente, se resaltó que los haces se propagaban a lo largo de la interfaz entre los dos tipos de vidrio y que la guía tenía pérdidas cercanas a los 1000 dB/km, con la posibilidad de reducir este valor usando vidrio con menor número de impurezas. Sin entrar en más detalles, indicaron que cuando las técnicas de transmisión se perfeccionaran, sería posible enviar una gran cantidad de información entre Europa y América a través de un único cable.¹⁵

Desafortunadamente, los avances dados a conocer no tuvieron el éxito y difusión esperados. Charles Kao trató de impulsar en STL el desarrollo de nuevos procesos para la fabricación de fibras ópticas con las características deseadas, pero su intento no avanzó a la velocidad que él hubiese querido, incluso su colaborador George Hockham abandonó pronto el tema de las comunicaciones

¹³ *Ibidem* 9, p. 14.

¹⁴ *Ibidem* 9, p. 14.

¹⁵ *Ibidem* 9, p. 14.

ópticas. A pesar de todo ello y de los escasos recursos, Kao continuó estudiando muestras de sílice fundida, con las que fabricó fibras de SiO₂ con un número reducido de impurezas.¹⁶

Por su parte, los investigadores de Corning Glass Works, completamente convencidos de que el óxido de silicio fundido era el material en el que se podía conseguir mayor pureza, se enfocaron en estudiar sus parámetros. Las investigaciones lideradas por Donald Keck, Robert Maurer y Peter Schultz, se mantuvieron herméticas hasta septiembre de 1970, cuando se dieron a conocer los primeros resultados. Keck, Maurer y Schultz consiguieron construir una fibra monomodo hecha de SiO₂ fundido con pérdidas por *scattering* de 7 dB/km y cuya superficie reflejaba el 4% de la luz que incidía. Lo más relevante de este hallazgo fue que la compañía americana consiguió lo que Charles Kao había planteado como una posibilidad un par de años atrás: logró reducir las pérdidas por atenuación a 16 dB/km. Después de ser presentados los resultados ante la IEE, la mayoría de los presentes estaban convencidos del uso del SiO₂ para la elaboración de fibras ópticas.¹⁷

Las compañías y laboratorios que ya trabajaban en el tema, buscaron mejorar lo hecho por Corning. Esto los llevó a percatarse del gran problema que existía para introducir luz en el núcleo de la fibra debido a sus dimensiones. Por tal razón, pronto científicos japoneses encontraron la solución a este problema fabricando filamentos en los que se creaba un perfil de índice de refracción gradual y con núcleos cuyo diámetro era mayor que el de las fibras que se habían fabricado hasta entonces. Estos filamentos son lo que hoy conocemos como fibras multimodo.¹⁸

También en 1970, mientras Corning Glass Works hacía lo propio con la producción de fibra óptica, los laboratorios Bell y un equipo de investigadores del Instituto Físico Ioffe en Leningrado, fabricaron los primeros diodos láser capaz de emitir ondas continuas a la temperatura ambiente.¹⁹

En 1977, la primera generación de fibras ópticas fue probada en el campo de la telefonía. Dichas fibras fueron usadas para transmitir luz proveniente de diodos láser de arseniuro de galio-aluminio (AlGaAs) a 850 nm. Esta primera generación de sistemas podía transmitir luz a varios kilómetros sin repetidor, pero estaban limitados por pérdidas de aproximadamente 2 dB/km. Una

¹⁶ *Ibíd*em 9, p. 15.

¹⁷ *Ibíd*em 9, p. 15-16.

¹⁸ *Ibíd*em 9, p. 16.

¹⁹ *Ibíd*em 8, p. 3.

segunda generación apareció, esta vez utilizando un láser de arseniuro fosfuro de galio e indio (InGaAsP) que emitía a 1.3 μm y con una atenuación de 0.5 dB/km.²⁰

La tecnología *Fiber To The Home* (FTTH) comenzó a ser discutida a inicios de la década de los 70's en Japón. Con ella se pretendía cablear completamente ciudades para proveer servicios de voz y video hasta el hogar de los usuarios. En 1976, el Ministerio de Comercio Internacional e Industria japonés anunció los planes para desarrollar el proyecto *Highly Interactive Optical Visual Information System* (Hi-OVIS) en la población de Higashi-Ikoma. El primer enlace FTTH entró en funcionamiento en 1978 y el proyecto por completo inició operaciones en 1986, llevando servicio de voz, video y datos a 156 hogares de la localidad.²¹

En Canadá, Manitoba Telephone y el Departamento de Comunicaciones, comienzan la instalación de una red FTTH de prueba en la comunidad rural de Elie en 1981. Dicha red conectaba a 158 hogares de la comunidad y brindaba servicios de voz y televisión.²²

En el año 1978, France Télécom y el gobierno francés anunciaron el proyecto experimental de FTTH en la ciudad de Biarritz, el cual tenía por objeto proveer servicios de televisión interactiva, video bajo demanda y videoconferencia a los habitantes de la localidad. La red de 1,500 abonados y 12 mil kilómetros fue inaugurada en 1984, teniendo como particularidades el uso de videoteléfonos para la realización de videollamadas y servicio de televisión con acceso a 15 canales, tanto nacionales como extranjeros.²³

Las comunicaciones ópticas empiezan a comercializarse a principios de los años 80, después de llevarse a cabo la exitosa transmisión a través de 2.4 kilómetros de fibra óptica entre dos sucursales de intercambio de la empresa de telefonía Bell Telephone Company en Chicago.²⁴ Es también en Estados Unidos donde, en 1983, se instala la primera Red Nacional de Fibra óptica. La instalación estuvo a cargo de la compañía MCI.

²⁰ Pinto García, R. A. (2014). *Sistemas de comunicaciones ópticas*. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://repository.unimilitar.edu.co:8080/bitstream/10654/11995/1/Com%20opticas%20V.2014-03-28%20PDF.pdf>

²¹ Kaminow, I., Li, T., & Willner, A. E. (2010). *Optical fiber telecommunications VB: systems and networks*. p.458. Obtenido en marzo 28, 2016 de la página:

<https://books.google.fr/books?id=xTlonQZl7TMC&pg=PA458&dq=biarritz+ftth&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewiispX3rLLAhVEvoMKHQSJD6EQ6AEIQDAC#v=onepage&q=biarritz%20ftth&f=false>

²² Columns, F. P. (2007) *The FTTH Prism*. p. 51. Obtenido en marzo 25, 2016 de la página: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.131.750&rep=rep1&type=pdf>

²³ *Ibídem* 21.

²⁴ Agrawal, G. P. (2005). *Lightwave technology: telecommunication systems*. John Wiley & Sons. p. 2.

Fue 1985 el año en que se introduce la Fibra de dispersión desplazada (DSF, *dispersion-shifted fiber*), siendo considerado este hecho como la primera revolución de las comunicaciones ópticas. La fibra presentaba baja atenuación y nula dispersión a una longitud de onda de 1550 nm, lo que permitía alcanzar velocidades más altas y mayores distancias.²⁵

El primer sistema FTTH en Estados Unidos fue anunciado en 1986 por General Telephone & Electric Corporation (GTE). Este sistema proveía telefonía y televisión por cable a 700 viviendas en la localidad de Cerritos, California. GTE trabajó junto a Apollo Cablevision, el operador local de televisión por suscripción para llevar a cabo el proyecto.²⁶

En Corea del Sur en 1987, termina de construirse una de las redes más modernas de telefonía, esto como parte de la primera red troncal de fibra óptica implementada en el país.

Después del primer tendido de fibra óptica a nivel nacional en los Estados Unidos, se buscó establecer un sistema de comunicación óptica que conectara al continente americano con Europa. El primer cable de fibra óptica trasatlántico fue construido por American Telephone & Telegraph (AT&T), France Télécom y British Telecom, y comenzó operaciones en 1988. Tenía una capacidad de 40 mil circuitos telefónicos entre Estados Unidos, Inglaterra y Francia. El sistema contenía tres cables de fibra óptica, dos en activo, y uno más de seguridad, los cuales que eran capaces de transmitir datos a una velocidad de 20 Mbps (Mega bits por segundo).²⁷

En los primeros años de la década de los 90 aparece la fibra dopada con Erblio; hecho considerado como la segunda revolución de las comunicaciones ópticas. Las pruebas con esta nueva fibra arrojaron que se alcanzaban velocidades de transmisión mayores a las antes obtenidas y se podían tener enlaces más largos.²⁸

La tecnología FTTH ya probada en Japón, Francia y Estados Unidos, siguió expandiéndose, principalmente en Europa. En 1990, Copenhagen Telephone Co. inició el despliegue, a las afueras de

²⁵ *Ibíd*em 8, p. 4.

²⁶ Huurdeman, A. A. (2003). *The worldwide history of telecommunications*. p. 472. Obtenido en marzo 28, 2016 de la página: https://books.google.com.mx/books?id=SnjGRDVIUL4C&pg=PA472&lpg=PA472&dq=history+ftth&source=bl&ots=gJeVnl_e0Q8&sig=02hhdIzESzdp9jPxqz0emqwZbT8&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjwzoGVwd3LAhXrk4MKHS3zBRs4ChDoAQghMAE#v=onepage&q&f=false

²⁷ *Ibíd*em 24.

²⁸ *Ibíd*em 8, p. 4.

Copenhague, de una red de servicios de telefonía y televisión de paga basada en esta tecnología. En el proyecto también participaron la empresa danesa NKT y la empresa sueca Ericsson.²⁹

De 1990 a 1992, British Telecom instaló una Red Óptica Pasiva para telefonía (TPON) utilizando tres configuraciones diferentes, dependiendo de la aplicación: *Fiber To The Home*, *Fiber To The Building* (FTTB) y *Fiber To The Office* (FTTO). El sistema era capaz de proporcionar servicios de telefonía, transmisión de datos y televisión de paga de banda ancha.³⁰

En el caso de Finlandia, Helsinki Telephone Co. implementó en 1992 una red experimental FTTB en seis edificios departamentales de la ciudad de Helsinki. En el mismo año, Nowergian Telecom pone a prueba una red FTTH en Oslo para 140 usuarios.³¹

Swedish Telecom hizo lo propio en 1992, realizando pruebas de la configuración *Fiber To The Cabinet* (FTTC) en 30 líneas de transmisión en Örebro. Dos años más tarde, experimentó con una red FTTH para 116 usuarios.³²

Rostelecom, empresa rusa, en 1993 pone en funcionamiento el “Zapadny”; cable submarino de fibra óptica entre Rusia y Dinamarca. Más tarde, pone en operación los cables “Yuzhny” y “Vostochny” –que significan “sureño” y “oriental”, respectivamente-, el primero comunicaba a Rusia con Ucrania, Turquía e Italia; el segundo con Japón y Corea.³³ En conjunto, cada uno de los enlaces formaban parte de la red Transiberiana, diseñada principalmente para transmisiones telefónicas, lo que permitió a Rusia incrementar el número de canales de voz que tenía disponibles hasta ese momento.³⁴

²⁹ Lindholt, C.; Olofsson, H.; Ronnberg, J. & Meyer, J. (1994) *Ericsson Review Vol. 2*. p. 100. Obtenido en marzo 26, 2016 de la página:http://ericssonhistory.com/Global/Ericsson%20review/Ericsson%20Review.%201994.%20V.71/Ericsson_Review_Vol_71_1994_2.pdf

³⁰ *Ibidem* 22, p. 53.

³¹ *Ibidem* 26.

³² *Ibidem* 26.

³³ Artículo publicado sin autor. *Internet in Russia*. Obtenido en marzo 28, 2016 de la página:http://gutenberg.us/articles/Internet_in_Russia

³⁴ Polishuk, P. (1993) *Submarine Fiber Optic Communications Systems*. Information Gatekeepers Inc. p.8. Obtenido en marzo 28, 2016 de la página:[https://books.google.com.mx/books?id=12vJAfoplKwC&pg=PA8&lpg=PA8&dq=Polishuk,+P.+\(1993\)+Submarine+Fiber+Optic+Communications+Systems.+Information+Gatekeepers+Inc.+p.8.&source=bl&ots=BERIXdDq8k&sig=35cG0dV8qbw aCE07TKGGANyNDm8&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewjRpcGw6PzLAhVQ1GMKHRExB-4Q6AEIGiAA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=12vJAfoplKwC&pg=PA8&lpg=PA8&dq=Polishuk,+P.+(1993)+Submarine+Fiber+Optic+Communications+Systems.+Information+Gatekeepers+Inc.+p.8.&source=bl&ots=BERIXdDq8k&sig=35cG0dV8qbw aCE07TKGGANyNDm8&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewjRpcGw6PzLAhVQ1GMKHRExB-4Q6AEIGiAA#v=onepage&q&f=false)

En 1998, entra en operación el cable submarino de fibra óptica conocido como “FLAG Europe-Asia” cuya longitud era de 27,000 km y conecta diversos países de Europa y Asia (ver Figura 6).³⁵

Es en 1999 cuando China da a conocer los planes de investigación y desarrollo en materia de FTTH que, en trabajo conjunto con diversas empresas, les permitirían implementar sus propias redes. La primera red comercial en China, llamada “Zisong FTTH” y propiedad del operador Wuham Telecom, inicia operaciones en 2005. Los servicios que el operador ponía a disposición de los usuarios eran telefonía fija, televisión de paga, servicios de voz y televisión a través del protocolo IP (IPTV) e Internet.³⁶

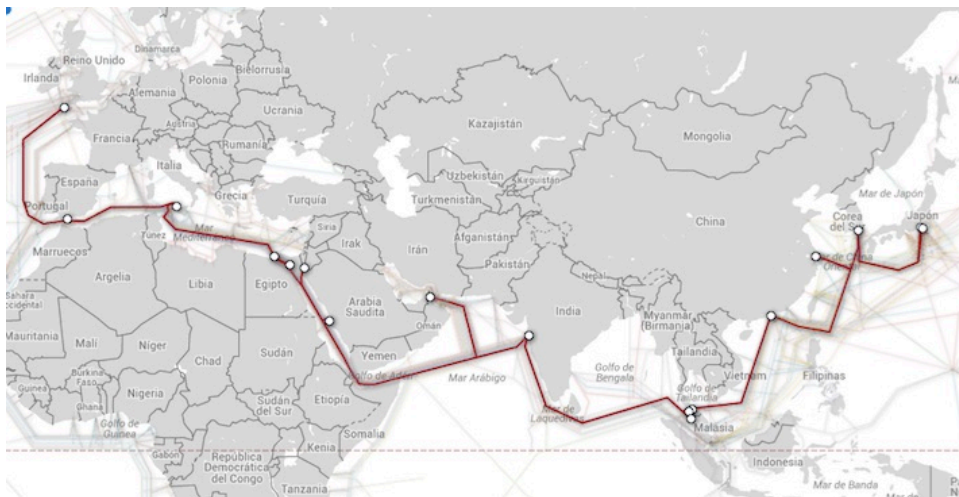


Figura 6. Cable Submarino de fibra óptica “FLAG Europe-Asia”

Fuente: Telegeography.

Un nuevo cable submarino, conocido como “Africa One”, comenzó a transmitir a partir del año 2000. El tendido óptico submarino de 35,000 km, que rodea al continente africano, fue diseñado para utilizar las tecnologías WDM y SDH. Varios sistemas WDM se desplegaron a través de los océanos Atlántico y Pacífico entre 1998 y 2001 en respuesta al aumento en la demanda de tráfico de datos.³⁷

Hablando de Latinoamérica, en 2007 Telefónica despliega en Brasil la tecnología FTTH con velocidades de descarga de 30, 60 y 100 Mbps, y velocidad de subida de 5 Mbps. Contaba con los servicios de IPTV bajo demanda y servicios de telefonía fija y móvil. Asimismo, Brasil Telecom

³⁵ *Ibídem* 24, p. 5.

³⁶ Jianlin, W. (2005). *FTTH in China*. p. 92. Obtenido en marzo 29, 2016 de la página: <http://www.slideshare.net/heroofit/ftth-in-china>

³⁷ *Ibídem* 34.

también implementa el servicio FTTH ofreciendo 100 Mbps de descarga y 5 Mbps de subida. En 2009, entra en operación el servicio FTTH de Global Village Telecom en 56 ciudades de Brasil, alcanzando 100 Mbps y 10 Mbps de bajada y subida, respectivamente.³⁸

Igualmente, en 2009, Bharat Sanchar Nigam Ltd. y Aksh Optifibre Ltd., ambos operadores de telecomunicaciones en Nueva Delhi, lanzan el primer sistema FTTH en India; capaz de proveer un servicio *triple play* con contenidos en alta definición. Los servicios incluían IPTV, televisión en alta definición, 3D TV, video y ancho de banda bajo demanda, y videoconferencia.³⁹

En el caso de Uruguay, es la empresa Antel quien en 2009 tiende los primeros enlaces experimentales de FTTH. En 2011, inicia formalmente el despliegue de la red FTTH en Montevideo y posteriormente en el interior del país. En ese mismo año, comienza el tendido del cable submarino de fibra óptica “Bicentenario”; uniendo la localidad argentina de Las Toninas y la ciudad uruguaya de Maldonado.⁴⁰

Es en 2010 cuando Google anuncia “Google Fiber”, proyecto para implementar redes FTTH que ofrecerían, inicialmente, servicio de Internet de banda ancha con velocidades desde 1000 Mbps en algunas ciudades de los Estados Unidos. En 2011, y después de un proceso de selección, la primera ciudad donde se introdujo el servicio fue Kansas City. Posteriormente, se expandió a Provo, Austin, Nashville, Atlanta y Charlotte; además de incorporarse los servicios *Google Fiber TV* y telefonía IP.⁴¹

1.2 Antecedentes en México

El origen de las comunicaciones ópticas en México se da a finales de la década de los 70, cuando la empresa mexicana, TELMEX, decide introducir fibra óptica en su red. Entre 1977 y 1980, la empresa realizó un estudio con las treinta principales compañías telefónicas del mundo y con las principales

³⁸ Artículo publicado sin autor. *Internet in Brazil*. Obtenido en marzo 29, 2016 de la página: http://kindle.worldlibrary.net/articles/Internet_in_Brazil#Fiber_to_the_premises

³⁹ Boas, G. (2010). *Telecom Boom in India? Fiber to the home provides welcome boost*. Obtenido en marzo 29, 2016 de la página: <http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=44259>

⁴⁰ Antel (2016). *Nuestra empresa. Reseña histórica*. Antel.com.uy. Obtenido en marzo 30, 2016 de la página: <http://www.antel.com.uy/antel/institucional/nuestra-empresa/Resena-historica>

⁴¹ Google Fiber (2016). *What is fiber*. Fiber.google.com. Obtenido en junio 15, 2016 de la página: <https://fiber.google.com/newcities/>

firmas consultoras internacionales, el cual arrojó como conclusión la conveniencia de basar el crecimiento de TELMEX en tecnología basada en fibra óptica.⁴²

La primera prueba de la tecnología óptica en México fue en 1979, en el sistema denominado “Tláhuac - Milpa Alta”. El sistema inició operaciones el 6 de septiembre de 1979, uniendo 13 municipios en una sola central con equipo digital. En 1982 inicia el proceso de sustitución de las centrales electromecánicas, semielectrónicas y de los cables de cobre instalados de central a central, teniendo como proveedores a las empresas Ericsson e Indetel.⁴³

El terremoto que el 19 de septiembre de 1985 sacudió a la Ciudad de México, obligó a acelerar el desarrollo de proyectos para instalar fibra óptica en el país. Con el derrumbe de los edificios donde se encontraban las centrales telefónicas de larga distancia, la Ciudad de México quedó incomunicada del resto del país y del mundo. Una vez concluidos los trabajos de emergencia, se decidió construir cuatro nuevas centrales telefónicas digitales para larga distancia, cada una de ellas capacitada para asumir el control maestro del sistema en caso de que alguna sufriera daño. Las nuevas centrales -San Juan, Vallejo, Morales y Estrella- fueron interconectadas con fibra óptica e inauguradas en agosto de 1986. Más tarde, TELMEX dio a conocer otras tres etapas para la instalación de fibras ópticas, las que incluían enlaces entre canales de la Ciudad de México y entre la capital de la República y algunas ciudades de los estados de Puebla, Guanajuato y Morelos.⁴⁴

En el año de 1991, TELMEX inició la construcción de la Red Nacional de Fibra Óptica de Larga Distancia, que enlazaba a 54 ciudades del país a través de más de 37,000 km de fibra óptica. Con esto, la empresa empezó a proporcionar el servicio de videoconferencia a empresas e instituciones que requerían comunicarse con varios puntos en México o en el mundo.

Por otro lado, la red de fibra óptica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) comienza a construirse en los años 90 con el objeto de aumentar la eficiencia en la gerencia y funcionamiento del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Esta red permitiría la operación en tiempo real del sistema,

⁴² Nuñez, I. M. (1995). Teléfonos de México: modernización, privatización y nuevas relaciones laborales. *Espiral: Estudios sobre Estado y Sociedad*, 2(3), 133-154. p. 138. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/ppperiod/espinal/espinalpdf/Espiral3/133-154.pdf>

⁴³ *Ibíd*em 42.

⁴⁴ Fernández, F., & Fadul, L. M. (1988). ¿Puede América Latina producir fibras ópticas?. *Diálogos de la Comunicación*, (21). Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://dialogosfelafacs.net/wp-content/uploads/2012/01/21-revista-dialogos-puede-america-latina-producir-fibras-opticas.pdf>

controlar el suministro de energía de las centrales generadoras y las subestaciones, además de aumentar la seguridad de operación.⁴⁵

TELMEX, Telefónica de España, AT&T, Italcable y Companhia Portuguesa Radio Marconi participan en 1993, en la construcción del cable submarino de fibra óptica “Columbus II”, que uniría al continente americano con el europeo. Entró en servicio en diciembre de 1994, con capacidad para 23,000 canales telefónicos y para transmitir 90,000 conferencias simultáneas. Los puntos de aterrizaje se establecieron en Cancún, México; West Palm Beach, Estados Unidos; Saint Thomas e Islas Vírgenes, EE.UU.; Isla Gran Canaria, España; Isla Madeira, Portugal; y Palermo, Italia.⁴⁶

En 1994, TELMEX seguía con la construcción de la Red Nacional de Fibra Óptica de larga distancia. A finales de ese año, existían 12,164 km de red troncal. Es hasta 1998 cuando se pone en marcha el proyecto “Cable Submarino Mar de Cortés”, para integrar a Baja California a la Red Nacional de Fibra Óptica.

Para el año 2000, un nuevo cable submarino de 4,400 km inicia operaciones. Se trataba del llamado “Maya-1” (ver Figura 7), el cual parte de Cancún, Quintana Roo y conecta a México con Colombia, Panamá, Costa Rica, las Islas Caimán, Honduras y los Estados Unidos. En este proyecto participan TELMEX, Axtel, Entel Chile, Verizon, AT&T, Sprint, Telefónica, entre otras compañías. Un año más tarde, arranca en operación el cable “ARCOS-1” (ver Figura 8), propiedad principalmente de C&W Networks. La red de 8,600 km fue diseñada de tal forma que cubriera la región caribeña del continente americano.⁴⁷

⁴⁵ Flores-Roux, E., Mariscal, J. (2010). *Política de Generación de Infraestructura de Telecomunicaciones en México: Una Crítica*. p. 28. Obtenido en marzo, 15 de 2016 de la página:

http://dirsi.net/sites/default/files/DIRSI_MARTA_10_MX_Licitaci%C3%B3n%20fibra%20%C3%B3ptica%20CFE.pdf

⁴⁶ Ruelas A., L. (1996). *México y Estados Unidos en la revolución mundial de las telecomunicaciones*. p. 25. Obtenido en marzo, 10 de 2016 de la página: http://lanic.utexas.edu/la/mexico/telecom/Libro_TELECOM.pdf

⁴⁷ C&W Networks (2016). *Services. Broadband Systems*. Obtenido en marzo 15, 2016 de la página: <http://www.cwnetworks.com/services#broadband>



Figura 7. Cable submarino “Maya-1”
Fuente: Telegeography.



Figura 8. Cable submarino “ARCOS-1”
Fuente: Telegeography.

Durante el sexenio del presidente Vicente Fox, la Secretaría de Hacienda autorizó invertir en el tendido de más pares de fibra óptica dentro de la red de la Comisión Federal de Electricidad.

Reconociendo que la capacidad excedente de su red de fibra óptica podría convertirse en una nueva vertiente de negocios, la CFE solicitó a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) un Título de Concesión de Operador de Redes Públicas de Telecomunicaciones, el cual le fue otorgado el 10 de noviembre de 2006. Con esto, se abrió la posibilidad de que otros operadores exploten el tendido de fibra óptica de CFE para proveer servicios de telecomunicaciones.

En julio de 2010, el secretario de Comunicaciones y Transportes en turno, Juan Molinar Horcasitas, declaró que el Grupo de Telecomunicaciones de Alta Capacidad (GTAC), formado por Grupo Televisa, Telefónica y Megacable, era el ganador de la licitación por 20 años de un par de hilos de fibra óptica en la red de alta tensión perteneciente a la red de CFE y que alcanzan una longitud de 19,467 km.⁴⁸ La fibra óptica, con capacidad suficiente para absorber la demanda de servicios de telecomunicaciones del país por los próximos 10 años, fue otorgada al consorcio por 884 millones de pesos, al cumplir con todos los requisitos jurídicos, técnicos y financieros.⁴⁹

Axtel, uno de los más importantes proveedores de telefonía fija en México, anunció en 2010 su proyecto para instalar fibra óptica en Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara. Seis meses después del anuncio, lanzó sus servicios FTTH con una velocidad de conexión de hasta 150 Mbps. Para 2015, su red troncal de fibra óptica y su red *Fiber To The x* (FTTx) tenían una extensión de 38,981 y 5,861 km, respectivamente.⁵⁰

En mayo de 2011, la empresa Totalplay, propiedad de Grupo Salinas, inicia el despliegue de su red FTTH, ofreciendo un servicio *triple play*: Internet, telefonía fija y televisión. Algunas colonias de la Ciudad de México y Toluca fueron los primeros lugares en ser cubiertos por el proyecto. Poco después la red FTTH fue ampliada a Guadalajara y Cuernavaca.⁵¹

Fue hasta julio de 2011 cuando TELMEX anunció que comenzaría a ofrecer servicios FTTH. Su objetivo en términos de servicios, era ser capaz de proporcionar velocidad de conexión de hasta 20 Mbps a los usuarios finales, y servicios de hasta 1 Gbps (Giga bit por segundo) a clientes

⁴⁸ OCDE (2012). *Estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en México*. Obtenido en abril 5, 2016 de la página: <http://www.oecd.org/centrodemexico/49528111.pdf>

⁴⁹ Sin autor (10 de junio de 2010). Telefónica y Televisa ganan fibra óptica. *Expansión*. Obtenido en abril 5, 2016 de la página: <http://expansion.mx/negocios/2010/06/10/televisa-telefonica-fibra-optica-cfe-cnn>

⁵⁰ Axtel (2016). *Nuestra empresa. Infraestructura*. New.axtel.com Obtenido en abril 16, 2016 de la página: <http://axtelcorp.mx/nuestra-empresa/infraestructura>

⁵¹ Fiber To The Home Council. (2015). *Revista LATAM CHAPTER Edición 2015*. p. 14. Obtenido en marzo, 29 de 2016 de la página: <http://www.ftthcouncil.org/LATAMChapter>

profesionales.⁵² De acuerdo con TELMEX, su red de fibra óptica actualmente logra una extensión de 194,000 km.⁵³

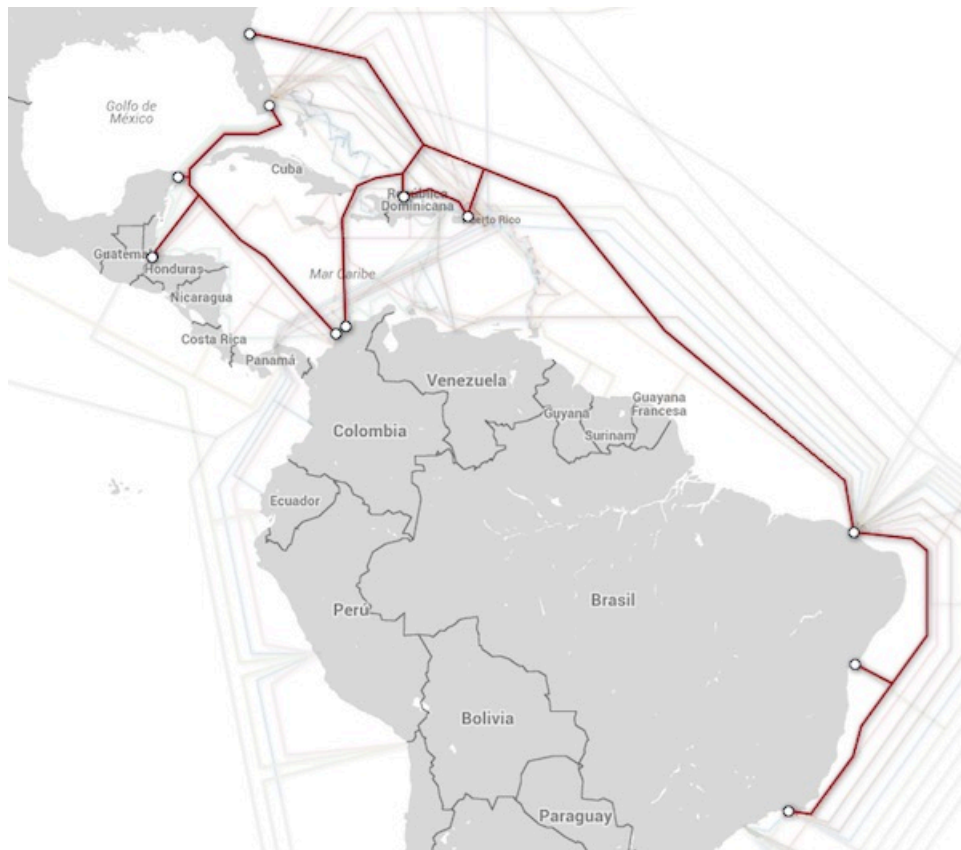


Figura 9. Cable Submarino “AMX-1”

Fuente: Telegeography.

En diciembre, también de 2011, entra en operación el cable “AMX-1” (ver Figura 9) en el Caribe mexicano. El punto de amarre se encuentra en Cancún, Quintana Roo. Sus propietarios, TELMEX y América Móvil, buscaban garantizar la capacidad de tráfico y redundancia para voz, datos y video, tanto para México como para América Latina por los próximos 20 años, complementando su red de salidas internacionales. La red de 17,800 km conecta a Brasil, Colombia, Estados Unidos, Guatemala, México, Puerto Rico y República Dominicana.⁵⁴

⁵² *Ibíd*em 51, p. 14.

⁵³ TELMEX (2016). *Hogar*. Obtenido en abril 19, 2016 de la página: <http://www.telmex.com/web/hogar>

⁵⁴ TELMEX (2013). *Prensa. Boletín informativo*. Obtenido en marzo 16, 2016 de la página: <http://www.telmex.com/web/acerca-de-telmex/-/telmex-y-america-movil-celebran-la-conexion-del-cable-submarino-amx1-en-cancun->

Ese mismo mes, es publicado el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes. De acuerdo al documento, México en 2012 contaba con 306,000 km de fibra óptica de los cuales 22,000 km eran de la CFE.⁵⁵

En octubre de 2014, Grupo Televisa anunció que a través de su nueva oferta comercial llamada Izzi, ofrecería servicios de telefonía fija, televisión e Internet a través de FTTH. Izzi sustituyó a la marca comercial Cablevisión, con la que Televisa dominaba el mercado de la televisión por cable. La infraestructura que da soporte a Izzi es la de la empresa Bestel, adquirida por Televisa y Cablevisión en 2007. Hasta ese entonces, Bestel operaba una red nacional de 27,000 km de fibra óptica, de los cuales, 10,000 km eran propiedad de la empresa y los demás provenían de su participación en el consorcio GTAC que desde 2010 operaba, junto con Telefónica y Megacable, una parte de la red de fibra óptica de la CFE.⁵⁶

⁵⁵ Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2016). *Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes*. Obtenido en abril 5, 2016 de la página:

http://www.sct.gob.mx/fileadmin/banners/Programa_Sectorial_de_Comunicaciones_y_Transportes.pdf

⁵⁶ Peralta, L. (30 de octubre de 2014). Bestel, soporte de la nueva marca de Televisa. *Expansión*. Obtenido en abril, 2016 de la página: <http://expansion.mx/negocios/2014/10/30/bestel-soporte-de-la-nueva-marca-de-televisa>

Concluyendo este primer capítulo, podemos notar que el término “comunicación óptica” antes del siglo XX, se empleó para referirse a una comunicación, meramente, visual. Hablamos de transmisión de señales de fuego o señales a través de signos.

Es con la aparición de redes basadas en fibra óptica, que el término toma un sentido mucho más apegado a lo que la óptica, como rama de la física, se refiere. Con esto, la óptica se convirtió en la base de este tipo de sistemas de comunicación; y su constante estudio ha derivado en el desarrollo de redes ópticas con un mayor ancho de banda.

Como muchas de las formas de comunicación, las comunicaciones ópticas nacieron con fines bélicos; sin embargo, su propósito a lo largo del tiempo ha cambiado. La tecnología óptica se ha enfocado en el desarrollo de redes de larga distancias y con altas tasas de transmisión, no sólo entre ciudades, sino también entre continentes.

Es en el siguiente capítulo donde estudiaremos algunos de los conceptos fundamentales involucrados en las comunicaciones ópticas. Esto brindará la posibilidad de comprender las ventajas que presenta la fibra óptica sobre el cobre y el porqué del auge de los servicios a través de ella.

Capítulo 2. Marco conceptual

Este capítulo comprende la parte conceptual de la tesis, donde se definirán los términos más importantes relacionados con las comunicaciones ópticas, los cuales permitirán tener un panorama más claro de estas. Los conceptos abordados brindan una perspectiva general de lo que son las telecomunicaciones, y los sistemas ópticos. Asimismo, se estudiarán algunos términos relacionados con los servicios provistos a través de fibra óptica.

2.1 Definición de Telecomunicaciones

Las telecomunicaciones, de acuerdo a la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTyR), son «toda emisión, transmisión o recepción de signos, señales, datos, escritos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de hilos, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos, sin incluir la radiodifusión».⁵⁷

2.2 Definición de Comunicación

La Real Academia de la Lengua Española (RAE) define el término “comunicación” como «transmisión de señales mediante un código común al emisor y al receptor».⁵⁸ Por su parte, el “Diccionario de uso del español” de María Moliner define el término como la «relación entre dos o más puntos o personas que se comunican».⁵⁹

La comunicación también se define como el proceso por medio del cual la información se transfiere de un lugar fuente a otro destino.⁶⁰ Esta se lleva a cabo a través del lenguaje, imágenes y señas.

⁵⁷ Cámara de Diputados (2014). *Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión*. Obtenido en abril 19, 2016 de la página: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lftr.htm>

⁵⁸ Real Academia Española (2016). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido en abril 25, 2016 de la página: <http://dle.rae.es/?id=A58xn3c>

⁵⁹ Moliner, M. (2008). *Diccionario de uso del español*. p. 419. España: Editorial Gredos.

⁶⁰ Sanchis, E. (2004). *Fundamentos y electrónica de las comunicaciones*. p.13. España: Universidad de Valencia. Obtenido en abril 25, 2016 de la página: https://books.google.com.mx/books?id=kZKsps2_F4YC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

2.3 Definición de Óptica

La óptica es la rama de la física que estudia la naturaleza y propiedades de la luz y sus interacciones con la materia.⁶¹ La luz es una onda electromagnética que ocupa una determinada región del espectro susceptible al ojo humano, la cual es llamada: espectro visible. Físicamente, las frecuencias que comprenden el espectro visible, el ojo humano puede diferenciarlas por color (ver Figura 10).

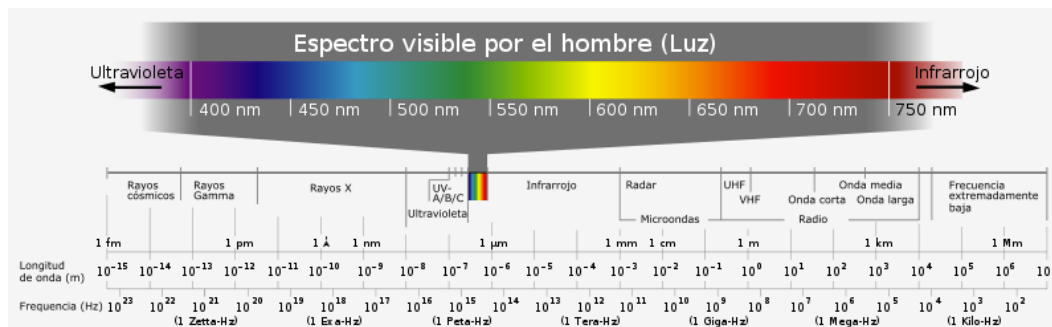


Figura 10. Espectro visible

Fuente: Sitio web: Plataforma e-ducactiva aragonesa. <http://e-ducactiva.catedu.es>

El estudio de la óptica se divide en tres ramas principales: óptica geométrica, óptica física y óptica cuántica, las cuales son estudiadas a nivel macroscópico, microscópico y atómico, respectivamente.

En este trabajo únicamente se estudiará el tema de la óptica geométrica, ya que es esta rama quien, empleando representaciones geométricas de frentes de onda y rayos, explica los fenómenos de refracción y reflexión observados cuando un haz de luz entra en contacto con una superficie. A continuación, describiremos brevemente estos fenómenos:

- **Reflexión**

Se produce cuando un rayo de luz que se propaga por un medio transparente, incide en la frontera con otro medio; parte del rayo incidente penetra en el segundo medio, mientras que otra parte se refleja, regresando al medio donde se propagaba (ver Figura 11).

⁶¹ Burbano, S.; Burbano, E.; Gracia, C. (2003). *Física general*. p. 575. España: Editorial Tebar. Obtenido en abril 27, 2016 de la página: <https://books.google.com.mx/books?id=BWgSWTYoflC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

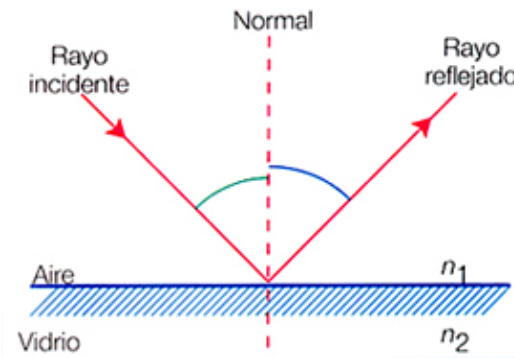


Figura 11. Fenómeno de reflexión

Fuente: Sitio web: <http://www.datuopinion.com/>

- **Refracción**

Es el cambio de dirección que los rayos de luz experimentan en el límite entre un medio transparente y otro que no lo es. Cuando la onda incide en la frontera entre los dos medios, parte de la energía de la onda se refleja y la otra se transmite debido a que la luz viaja con distinta rapidez en ambos medios (ver Figura 12).

- **Reflexión total interna**

Este fenómeno ocurre cuando el haz luminoso pasa de un medio, con índice de refracción n_1 , donde se propaga lentamente, a otro con índice de refracción n_2 , donde su velocidad de propagación es mayor; el haz se refracta y no es capaz de atravesar la superficie entre ambos medios, reflejándose completamente y quedando confinado totalmente en el medio ópticamente más denso y por cuyo interior se propagará (ver Figura 12).

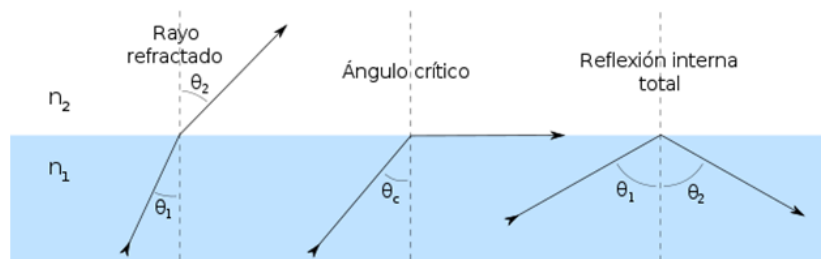


Figura 12. Refracción y reflexión total interna

Fuente: Sitio web: Blog SEAS. <https://www.seas.es/blog/>

2.4 Definición de Sistema de Comunicación

Un sistema de comunicación es un conjunto de componentes o subsistemas que permiten la transferencia e intercambio de información.⁶² Un sistema electrónico de comunicación comprende principalmente los siguientes elementos:

- **Transmisor**

Se encarga de acondicionar la señal de información, de acuerdo al medio de transmisión, para ser transmitida de manera adecuada a través de este. Es en el transmisor donde también se llevan a cabo etapas de amplificación previa y filtrado.

- **Medio de transmisión**

Es el medio físico por el cual viaja la señal de información procedente del transmisor y con destino al receptor. Los medios de transmisión existentes se clasifican esencialmente en: guiados y no guiados (ver Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación general de los medios de transmisión

Guiados	No guiados
Par trenzado	Aire
Coaxial	
Guía de onda	Vacío
Fibra óptica	

Es en el canal de transmisión donde aparecen diversas perturbaciones que degradan la señal durante la transmisión. Las perturbaciones de las que hablamos, pueden ser: ruido, atenuación, distorsión e interferencia.

- **Receptor**

Recibe la señal proveniente del medio de transmisión y la acondiciona para poder ser procesada. Las perturbaciones que se presentan en el medio de transmisión y afectan a la señal hacen necesaria la implementación de etapas de amplificación en el receptor.

⁶² Sin autor (2016). *Sistemas de comunicación: Introducción*. Uruguay: Instituto de Ingeniería Eléctrica, Universidad de la República. Obtenido en abril 26, 2016 de la página: https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/86598/mod_resource/content/2/clase1_2016_1.pdf

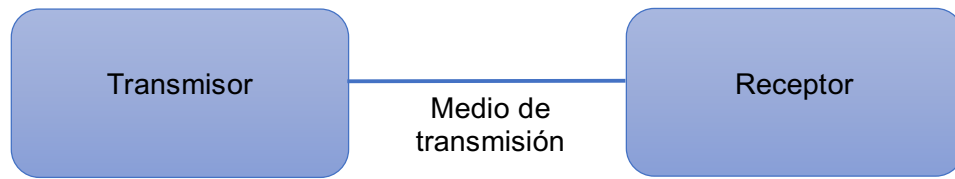


Figura 13. Diagrama a bloques de un sistema de comunicación

2.5 Definición de Sistema de Comunicación Óptica

Un sistema de comunicación óptica está constituido, esencialmente, por un transmisor óptico, un canal de transmisión y un receptor óptico (ver Figura 14). Los sistemas de comunicación óptica pueden ser clasificados en dos categorías: guiados y no guiados. En los sistemas guiados, los haces de luz son confinados en un medio físico, en este caso la fibra óptica. En el caso de los sistemas de comunicación óptica no guiados, los haces se propagan en el espacio, similar a la propagación de las microondas.⁶³

Los sistemas de comunicación óptica poseen mayor capacidad de transmisión de información, debido al uso de frecuencias dentro de la región visible del espectro electromagnético y cerca de la zona infrarroja. Además, presentan inmunidad a interferencias electromagnéticas y bajos niveles de pérdidas por atenuación.

Sus principales limitaciones son la dificultad en los enlaces multipunto y el costo de los equipos ópticos necesarios para la implementación de los sistemas.



Figura 14. Diagrama a bloques de un sistema de comunicación óptica

⁶³ Agrawal, G. (2002). *Fiber-Optic Communications Systems*. p. 15. EUA: John Wiley & Sons, Inc.

Los elementos básicos que conforman un sistema óptico de comunicación son descritos a continuación:

- **Transmisor óptico**

Ya que no existen redes completamente ópticas, el transmisor se encarga de convertir las señales eléctricas en señales ópticas y confinar dichas señales en la fibra óptica. Un transmisor óptico consiste en: una fuente óptica, un modulador y un acoplador de canal. Como fuentes ópticas, son utilizados los láseres de semiconductor o diodos emisores de luz. En lo que respecta al acoplador, este puede ser un microlente que dirija las señales a la entrada de la fibra óptica con la máxima eficiencia posible.⁶⁴

- **Fibra óptica**

Es un filamento flexible de vidrio de alta pureza cuyo grosor es aproximadamente de entre 2 y 125 μm . Es el medio físico que transporta los haces luminosos provenientes del transmisor hacia el receptor. Una vez que la luz es introducida en ella, circula en su interior reflejándose hasta alcanzar el otro extremo de la fibra.⁶⁵

- **Receptor óptico**

Este dispositivo convierte la señal óptica proveniente del canal de transmisión en la señal eléctrica original. El receptor consiste en un acoplador, un fotodetector y un demodulador. El acoplador dirige la señal óptica hacia un fotodiodo que actúa como fotodetector. El diseño del demodulador depende de la modulación utilizada en el sistema de comunicación.⁶⁶

2.6 Definición de Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión caracterizado por ser un filamento, que funciona como guía de onda, con diámetro del orden de los micrómetros y fabricado de vidrio ultra puro.⁶⁷ Sus propiedades de refracción permiten la conducción de pulsos de luz enviados a partir de un transmisor

⁶⁴ Ibídem 63, p. 17.

⁶⁵ Hinojosa. L. (2007). *Tópicos selectos de fibra óptica*. p. 4. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Obtenido en abril 26, 2016 de la página:

<http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf>

⁶⁶ Ibídem 63, p. 18.

⁶⁷ FibreMex (2016). *Biblioteca Técnica. Info técnica*. Obtenido en abril 11, 2016 de la página:

<http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&id=3&t=3&st=4>

a velocidades altas y con un ancho de banda mayor que otros cables. Además, es un medio de transmisión prácticamente inmune a las interferencias electromagnéticas.

Dentro de la Estrategia Digital Nacional del gobierno mexicano, se puede encontrar una definición de “fibra óptica”. En dicho documento se le define como «medio de transmisión de datos mediante pulsos de luz, utilizadas en telecomunicaciones debido a su capacidad para enviar una gran cantidad de datos a grandes distancias».⁶⁸

La fibra óptica básica, estructuralmente se compone de tres capas concéntricas: núcleo, revestimiento y cubierta (ver Figura 15).

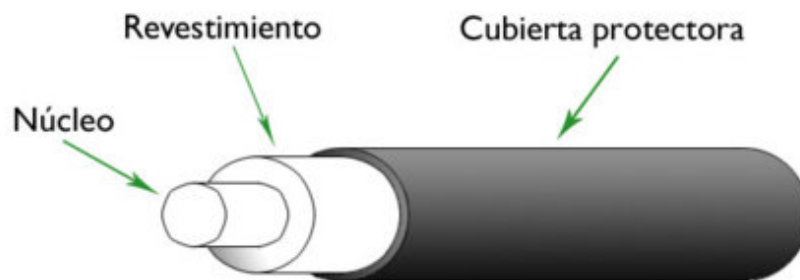


Figura 15. Estructura de la fibra óptica

Fuente: Sitio web: Xataka móvil. <https://www.xatakamovil.com>

El núcleo o *core*, es la zona interior de la fibra óptica, donde se produce la propagación de la onda lumínica. Esta propagación se produce porque el valor del índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento, con lo que los modos que conforman el haz de luz se propagan en su interior debido al fenómeno de reflexión total interna.

El núcleo es fabricado de SiO_2 , un material altamente puro y ópticamente transparente. Como se dijo, para que el haz de luz pueda propagarse por el núcleo, es necesario que este tenga un índice de refracción mayor al del revestimiento. El índice de refracción del núcleo puede ser ajustado, dopando al SiO_2 con dióxido de germanio (GeO_2) o pentóxido de fósforo (P_2O_5), para tener un índice más alto.

⁶⁸ Gobierno de la República (2013). *Estrategia Digital Nacional*. p. 40. Obtenido en abril 7, 2016 de la página: <http://cdn.mexicodigital.gob.mx/EstrategiaDigital.pdf>

El revestimiento o *cladding*, es la zona en contacto con el núcleo y donde se produce la reflexión de la onda de luz dado que, como se mencionó, su índice de refracción es menor que el del núcleo. Al igual que el núcleo, es fabricado de óxido de silicio. Para disminuir su índice de refracción, el SiO₂ puede ser dopado con flúor (F) o trióxido de boro (B₂O₃).

La cubierta, también conocida como *buffer*, es un recubrimiento plástico en el que se produce la reflexión de cualquier haz lumínico externo, con lo que se impide su entrada al interior de la fibra óptica. También cumple la función de protección mecánica de la fibra óptica, dándole una mayor solidez y evitando la formación de microcurvaturas en el núcleo de la fibra óptica.

La fibra óptica se clasifica, de manera general, por el número de modos en que la luz se propaga a través de ella. El número de modos de propagación posibles, depende directamente de las dimensiones del núcleo de la fibra. La clasificación es la siguiente:

- **Fibra Monomodo (SMF, *single mode fiber*)**

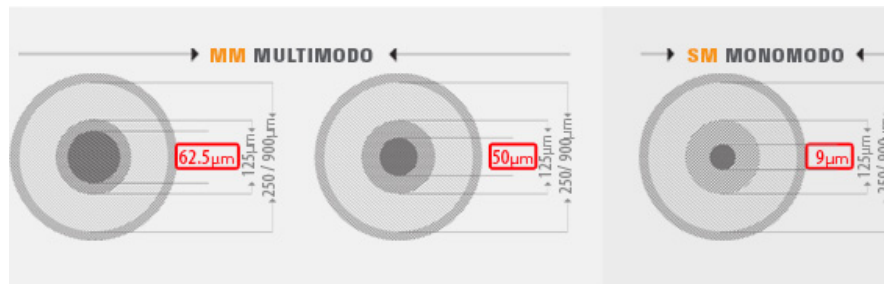
Es aquella que permite la propagación de un único modo, el cual se propaga directamente, sin reflexión y a una longitud de onda determinada. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado. Se emplea, principalmente, en enlaces de gran distancia, superior a 10 km.⁶⁹ Las dimensiones del *core* y *cladding* de este tipo de fibras son 9 μm y 125 μm, respectivamente (ver

Figura 16).

- **Fibra Multimodo (MMF, *multi-mode fiber*)**

En este tipo de fibra pueden ser guiados muchos modos, cada uno de ellos sigue una trayectoria diferente dentro de la fibra óptica. Lo anterior, ocasiona que su ancho de banda sea inferior al de las fibras monomodo. En cuanto a las dimensiones, una fibra MMF tiene *core* y *cladding* con diámetros de 50/62.5 μm y 125 μm, respectivamente (ver

⁶⁹ Hernández Rodríguez, J. (2010). *Telecomunicaciones por sistemas ópticos*. p. 21. México: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido en abril 13, 2016 de la página: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7693/ice%20297.pdf?sequence=1>



Figura

16).

Figura 16. Comparación de la dimensión del núcleo de fibras monomodo y multimodo

Fuente: Fibremex. <http://fibremex.com/fibraoptica/>

Asociados a la propagación de la luz a través de la fibra óptica, existen principalmente dos fenómenos que producen pérdidas y limitan la tasa de transmisión de los sistemas de comunicación óptica. El primero de ellos es la atenuación, la cual podemos definir como la disminución de potencia de la señal óptica, a medida que esta viaja por la fibra. La unidad utilizada para medir la atenuación en una fibra óptica es el decibel [dB]. De forma general, la potencia en una fibra, y para un determinado modo de propagación, decrece exponencialmente con la distancia. Al parámetro que define este fenómeno, se le denomina “coeficiente de atenuación”, que es la atenuación por unidad de longitud [dB/km].

La atenuación es causada, primordialmente, por las impurezas del material del que está hecha la fibra, las irregularidades microscópicas dentro de ella y por las deformaciones mecánicas a las que son sometidas las fibras ópticas.⁷⁰

El segundo fenómeno del que se habla, es la dispersión. La dispersión ocasiona que los pulsos de luz se deformen a medida que viajan a través de la fibra óptica, limitando así, las velocidades de transmisión. Existen tres tipos de dispersión:

- **Dispersión Modal**

⁷⁰ Ibídem 67.

Ocurre ya que, al propagarse los múltiples modos de luz por la fibra óptica, estos recorren distancias diferentes según el ángulo con el que fueron confinados en la fibra, ocasionando que lleguen al otro extremo de la fibra en tiempos diferentes y que provocando que el pulso de luz luzca “achaparrado” (ver Figura 17). Este tipo de dispersión es exclusiva de MMF.

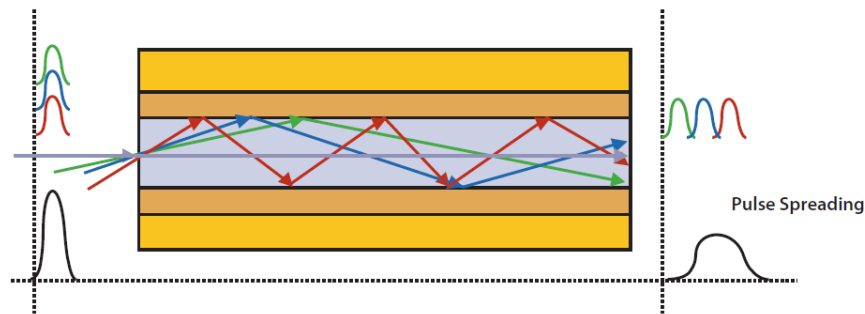


Figura 17. Dispersión modal

Fuente: Sitio web: Optical fiber basics. <http://fobasics.blogspot.mx>

- **Dispersión Cromática**

La dispersión intramodal o cromática, puede darse en todo tipo de fibra y se debe a que el emisor óptico no es capaz de emitir idealmente a una sola frecuencia, sino que, emite en una gama de ellas.⁷¹ Esto implica que existan diferencias en la velocidad de transmisión de cada una de las longitudes de onda de la señal luminosa.

- **Dispersión por Polarización de Modo (PMD, *polarization mode dispersion*)**

Se presenta cuando las dos componentes ortogonales de polarización, llamados “modos de polarización”, del modo fundamental de propagación, viajan a distinta velocidad de grupo, llegando en distintos tiempos al final de la fibra óptica; ensanchando y distorsionando los pulsos. Lo anterior, debido a que cada modo de polarización de la luz se propaga con un valor distinto de índice de refracción, lo que implica que la señal óptica original se comporte como dos ondas independientes que viajan a velocidades diferentes a lo largo de la fibra (ver Figura 18).⁷²

⁷¹ Sendra, J. (1999). *Características de transmisión de fibras ópticas*. p. 37. España: Universidad de las Palmas de Nueva Granada, Instituto Universitario de Microelectrónica Aplicada. Obtenido en abril 28, 2016 de la página:

http://www.iuma.ulpgc.es/users/jrsendra/Docencia/Com_Opt_1/download/Com_Opt_1/Temario/caracteristicas.pdf

⁷² Leiva, A.; Tarifeño, M.; Olivares, R. (2007). *Efectos de la dispersión por modo de polarización (PMD) en la propagación de pulsos a través de fibras ópticas*. Chile: Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 15. p. 336. Obtenido en abril 28, 2016 de la página: <http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v15n3/art14.pdf>

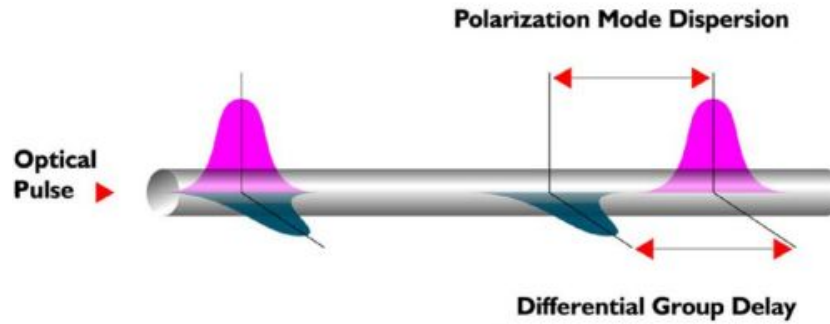


Figura 18. Dispersión por polarización de modo
 Fuente: Sitio web: Technischen Universität Hamburg. <https://www.tuhh.de>

2.7 Definición de FTTx

El término *Fiber To The x* generaliza las distintas arquitecturas utilizadas en las redes de acceso al usuario final, total o parcialmente por fibra óptica, las cuales se diferencian dependiendo la distancia entre la fibra óptica y el usuario final (ver Figura 19). Las más importantes se describirán en la Tabla 2:

Tabla 2. Características de las arquitecturas FTTx

Configuración	Características
FTTN	La fibra óptica, en la topología <i>Fiber To The Node</i> , termina en la central del operador más cercana al usuario. Permite llevar servicios a, entre 200 y 500 usuarios por fibra con velocidades de 30 Mbps.
FTTCab	<i>Fiber To The Cabinet</i> transporta señales ópticas desde la central hasta la cabina de telecomunicaciones, situada a máximo 300 m del usuario final. Es capaz de proveer servicios con tasas de 50 Mbps a, entre 10 y 100 usuarios por fibra.
FTTB	En la configuración <i>Fiber To The Building</i> , las señales ópticas son transmitidas desde la central hasta el interior del edificio o inmediaciones. Son hasta 32 usuarios, por fibra, a los que pueden brindárseles servicios, alcanzando velocidades de hasta 100 Mbps.
FTTH	<i>Fiber To The Home</i> es la entrega de las señales por fibra óptica desde la central del operador hasta la casa o negocio del usuario, sustituyendo así la infraestructura de cobre existente, como cables de teléfono y cable coaxial. FTTH provee un ancho de banda mucho mayor para los consumidores y las empresas, permitiendo de este modo servicios más robustos de video, voz e Internet.
FTTP	El término <i>Fiber To The Premises</i> es empleado cuando la red de fibra óptica incluye tanto la implementación de FTTB, como FTTH.

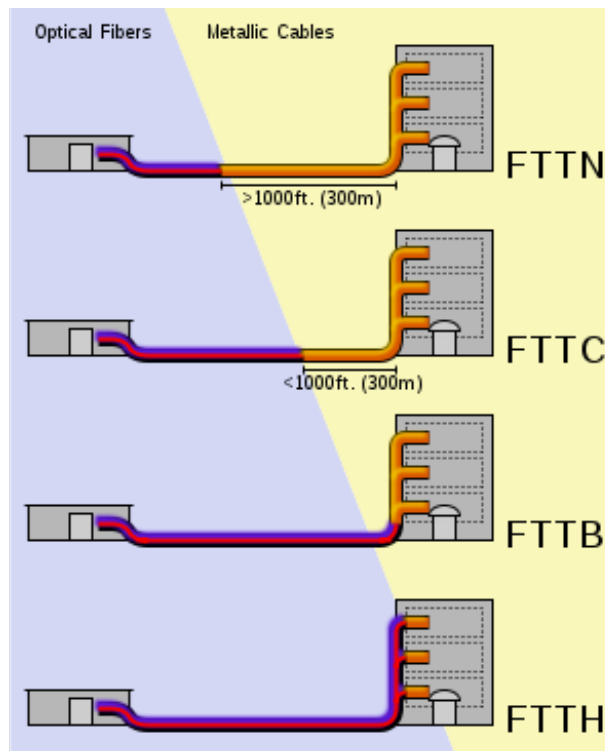


Figura 19. Esquemas ilustrativos de las arquitecturas FTTx
Fuente: Lattanzi, M., Graf, A.; "Redes FTTx"

2.8 Definición de Banda Ancha

La definición correspondiente a "banda ancha", de acuerdo a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), se expresará como «un conjunto de tecnologías de red avanzadas o como el motor de una radical y gran transformación que revitaliza la entrega de los servicios existentes y da pie a la aparición de nuevos e innovadores servicios».⁷³

En lo que respecta al Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), este lo define como «acceso de alta capacidad que permite ofrecer diversos servicios convergentes a través de infraestructura de red fiable, con independencia de las tecnologías empleadas».⁷⁴

⁷³ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2013). *Banda Ancha*. p. 1. Obtenido en abril 7, 2016 de la página: <https://www.itu.int/en/wtpf-13/Documents/background-er-wtpf-13-broadband-es.pdf>

⁷⁴ Instituto Federal de Telecomunicaciones (2016). *Usuarios y Audiencias. ¿Qué es el IFT? Glosario*. Obtenido en abril 12, 2016 de la página: <http://www.ift.org.mx/usuarios-y-audiencias/que-es-el-ift/glosario>

La Estrategia Digital Nacional, publicada en noviembre de 2013 por la Presidencia de la República, la define como la «capacidad de transmisión de datos con efecto de incrementar la velocidad del flujo de información».⁷⁵

2.9 Definición de Acceso al Usuario Final

El IFT lo define como «el circuito físico que conecta el punto de conexión terminal de la red en el domicilio del usuario, o instalación equivalente de la red pública de telecomunicaciones local, desde la cual se presta el servicio al usuario».⁷⁶

⁷⁵ *Ibíd*em 68, p. 39.

⁷⁶ *Ibíd*em 74, p. 32.

De este capítulo se concluye que, los sistemas de comunicaciones ópticas, gracias a su operación dentro del rango visible, presentan enormes ventajas sobre los sistemas de comunicación eléctricos y de microondas.

Las redes ópticas, poco a poco, han ido sustituyendo las redes basadas en cobre; sobre todo en las grandes ciudades. Esto debido al aumento de población en zonas urbanas y a la demanda por mejores, y más eficaces servicios de telecomunicaciones.

La tecnología óptica ha tenido un progreso significativo durante los últimos años, lo que no sólo se traduce en el incremento de servicios en el mercado de las telecomunicaciones, sino también en la creación de leyes y proyectos nacionales en diversos países. Sobre ello se profundizará en el siguiente capítulo, donde se abordarán algunos recursos jurídicos nacionales e internacionales que, más adelante, permitirán comprender la situación de México en materia de comunicaciones ópticas.

Capítulo 3. Marco jurídico y políticas públicas

El presente capítulo, está dedicado a los fundamentos legales del análisis en materia de comunicaciones ópticas en México. Los recursos jurídicos recopilados, permitirán conocer las facultades de los principales actores involucrados en las telecomunicaciones del país; específicamente, de aquellos a quienes compete el campo de la fibra óptica.

Se citarán algunos puntos clave sobre la legislación y regulación de las comunicaciones ópticas, los cuales son contenidos en diversos lineamientos legales; tales como, el extracto de concesión otorgado a CFE para el manejo de una red pública de telecomunicaciones, el Plan Nacional de Desarrollo actual y el de la administración pasada, las políticas públicas más importantes del sexenio pasado y el actual, la Reforma Constitucional en Materia de Telecomunicaciones y Competencia, la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, y el Plan Sectorial de Comunicaciones y Transportes vigente.

Se ahondará en las recomendaciones de la UIT sobre fibra óptica y en las políticas públicas implementadas por los gobiernos de Suecia, Francia y Brasil. Esto último, con el fin de conocer las acciones que les han llevado a tener una fuerte posición dentro de la lista de países con más desarrollo en materia de redes de fibra óptica. Así como las metas para fortalecer esta posición e incentivar el crecimiento de estas redes en cada uno de los países.

3.1 Reforma Constitucional en Materia de Telecomunicaciones y Competencia

El transitorio Décimo Quinto de esta Reforma, señala que «la Comisión Federal de Electricidad cederá totalmente a Telecomunicaciones de México su concesión para instalar, operar y explotar una red pública de telecomunicaciones y le transferirá todos los recursos y equipos necesarios para la operación y explotación de dicha concesión, con excepción de la fibra óptica, derechos de vía, torres, postería, edificios e instalaciones que quedarán a cargo de la Comisión Federal de Electricidad, garantizando a Telecomunicaciones de México el acceso efectivo y compartido a dicha infraestructura para su aprovechamiento eficiente, a fin de lograr el adecuado ejercicio de sus funciones y el

cumplimiento de sus objetivos. Telecomunicaciones de México tendrá atribuciones y recursos para promover el acceso a servicios de banda ancha, planear, diseñar y ejecutar la construcción y el crecimiento de una robusta red troncal de telecomunicaciones de cobertura nacional, así como la comunicación vía satélite y la prestación del servicio de telégrafos. Lo anterior, de conformidad con los lineamientos y acuerdos emitidos por el Instituto Federal de Telecomunicaciones». ⁷⁷

En el transitorio Décimo Sexto se menciona que «el Estado, a través del Ejecutivo Federal, en coordinación con el Instituto Federal de Telecomunicaciones, garantizará la instalación de una red pública compartida de telecomunicaciones que impulse el acceso efectivo de la población a la comunicación de banda ancha y a los servicios de telecomunicaciones, de conformidad con los principios contenidos en el artículo 6o., Apartado B, fracción II del presente Decreto y las características siguientes:

I. (...)

II. Contemplará el aprovechamiento de al menos 90 MHz del espectro liberado por la transición a la Televisión Digital Terrestre (banda 700 MHz), de los recursos de la red troncal de fibra óptica de la Comisión Federal de Electricidad y de cualquier otro activo del Estado que pueda utilizarse en la instalación y la operación de la red compartida;» ⁷⁸

3.2 Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal de 1976, cuyas reformas más recientes fueron publicadas en 2015, señala en su artículo 36 que a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes le compete:

I. «Formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo del transporte y las comunicaciones de acuerdo a las necesidades del país;

I Bis. Elaborar y conducir las políticas de telecomunicaciones y radiodifusión del Gobierno Federal;

⁷⁷ Transitorio Décimo Quinto. Diario Oficial de la Federación. (2013). *Reforma Constitucional en Materia de Telecomunicaciones y Competencia*. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido en mayo 8, 2016 de la página:

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013

⁷⁸ Transitorio Décimo Sexto. Diario Oficial de la Federación. (2013). *Reforma Constitucional en Materia de Telecomunicaciones y Competencia*. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido en mayo 8, 2016 de la página:

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013

II. Regular, inspeccionar y vigilar los servicios públicos de correos y telégrafos y sus servicios diversos;»⁷⁹

3.3 Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión

La Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, únicamente menciona a la fibra óptica en su artículo 269, donde señala que el Instituto podrá imponer al agente económico preponderante en el sector de las telecomunicaciones las siguientes obligaciones específicas en materia de desagregación de la red pública de telecomunicaciones local:

I. (...) a IV. (...)

V. «Permitir que otros concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones puedan acceder, entre otros, a los medios físicos, incluyendo la fibra óptica, técnicos y lógicos de la red pública de telecomunicaciones local perteneciente al agente económico preponderante, de conformidad con las medidas que le imponga el Instituto para que dicho acceso sea efectivo. Las medidas a que se refiere el párrafo anterior deberán considerar como insumo esencial todos los elementos necesarios para la desagregación efectiva de la red pública de telecomunicaciones local. En particular, los concesionarios podrán elegir los elementos de la red local que requieran del agente preponderante y el punto de acceso a la misma. Las citadas medidas podrán incluir la regulación de precios y tarifas, condiciones técnicas y de calidad, así como su calendario de implantación con el objeto de procurar la cobertura universal y el aumento en la penetración de los servicios de telecomunicaciones;»⁸⁰

3.4 Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Publicado en 2009, durante el sexenio de Felipe Calderón Hinojosa, el Reglamento Interno de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes estipula en su artículo 5º fracción XI que corresponde al Secretario «otorgar las concesiones que por ley le corresponda a la Secretaría y resolver, en su caso,

⁷⁹ Artículo 36. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2015). *Ley Orgánica de la Administración Pública Federal*. p. 30. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido en junio 16, 2016 de la página:

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/153_30dic15.pdf

⁸⁰ Artículo 269. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2014). *Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión*. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido en mayo 8, 2016 de la página:

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lftr/LFTR_orig_14jul14.pdf

sobre su prórroga y modificaciones, así como declarar administrativamente su caducidad, nulidad, rescisión o revocación;»⁸¹

El artículo 6º menciona que «corresponde al Subsecretario y a los Coordinadores Generales:

I. Conducir la planeación de las unidades administrativas que se les adscriban de conformidad con las políticas y lineamientos que al efecto establezca el Secretario, en términos de lo dispuesto por el Plan Nacional de Desarrollo y los programas correspondientes;

II. (...) a X. (...)

XI. Emitir dictamen en relación con las licitaciones públicas, que se lleven a cabo a solicitud de las unidades administrativas que tengan adscritas en los términos que fije la legislación de la materia;

XII. Emitir opinión respecto de los contratos, convenios, concesiones, permisos y autorizaciones que celebre u otorgue la Secretaría cuando contengan aspectos de su competencia;»⁸²

En lo que respecta al artículo 10, este asienta que «corresponde a los Titulares de Unidad y Directores Generales:

I. (...) a VII. (...)

VIII. Preparar y proponer la suscripción de bases de colaboración, acuerdos de coordinación y convenios de concertación en los que intervenga la Secretaría, cuando contengan aspectos de su competencia, en materia inmobiliaria, a fin de conjuntar recursos y esfuerzos para la eficaz realización de las acciones en esa materia;

IX. (...) a XV. (...)

XVI. Preparar e intervenir en los procedimientos de licitaciones públicas y excepciones en las materias de su competencia, de conformidad con los lineamientos que fije la legislación aplicable;

XVII. (...)

⁸¹ Artículo 5º. Diario Oficial de la Federación (2009). *Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes*. p. 3. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido en junio 17, 2016 de la página:

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5077026&fecha=08/01/2009

⁸² Artículo 6º. *Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes*. p. 4.

XVIII. Recibir, calificar, aceptar o rechazar, cancelar u ordenar en su caso, la sustitución, ampliación o ejecución de las garantías que constituyan los particulares para el cumplimiento de las obligaciones o trámites de concesiones, permisos, autorizaciones, contratos o convenios que se deban otorgar para operar servicios relacionados con vías generales de comunicación, sus servicios conexos y auxiliares, así como para cualquier tipo de contratos;

XIX. (...) a XX. (...)

XXI. Coordinarse, de acuerdo con su superior jerárquico, con las demás Direcciones Generales y Titulares de Unidades Administrativas de la Secretaría y, en su caso, de otras dependencias del Ejecutivo Federal, en el desempeño y para mejor despacho de los asuntos de su competencia;»⁸³

Por último, mencionaremos el artículo 25, el cual señala que «corresponde a la Dirección General de Política de Telecomunicaciones y de Radiodifusión:

I. Formular y proponer las políticas y programas para el establecimiento, uso, aprovechamiento y desarrollo de los servicios de telecomunicaciones y auxiliar al Secretario en el ejercicio de su atribución para fijar, conducir y controlar la política de la Secretaría en materia de radiodifusión;

II. Previa opinión de la Comisión Federal de Telecomunicaciones, analizar las solicitudes de otorgamiento, modificación, cesión y prórroga de las concesiones, asignaciones y permisos en materia de telecomunicaciones;»⁸⁴

3.5 Extracto del Título de Concesión para instalar, operar y explotar una red pública de telecomunicaciones otorgado en favor de la Comisión Federal de Electricidad

El título de concesión fue otorgado el 10 de noviembre de 2006 a la Comisión Federal de Electricidad para instalar, operar y explotar una red pública de telecomunicaciones, para la prestación de los servicios de provisión y arrendamiento de capacidad de la Red, y la comercialización de la capacidad adquirida respecto de redes de otros concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones, con

⁸³ Artículo 10. Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. p. 4.

⁸⁴ Artículo 25. Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. p. 21.

una vigencia de 15 años y cobertura en 71 localidades del país. El extracto de esta concesión fue publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) dos meses más tarde, el 11 de enero de 2006.

Dentro del extracto, cabe resaltar el punto 2.1, referente a la calidad de los servicios donde se obliga al concesionario a prestar los servicios comprendidos dentro de la concesión, «en forma continua y eficiente, garantizando en todo momento la interoperabilidad e interconexión con otras redes públicas de telecomunicaciones».⁸⁵

En el capítulo “A” del documento en estudio, específicamente en el punto A.2, se establece que «el concesionario acepta y se obliga a prestar los servicios descritos a continuación, a cualquier concesionario de red pública de telecomunicaciones que lo solicite o a cualquier usuario de redes privadas de telecomunicaciones:

A.2.1. La provisión y arrendamiento de capacidad de la Red para la emisión, transmisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza, y

A.2.2. La comercialización de la capacidad adquirida respecto de redes de otros concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones, con los cuales el Concesionario tenga celebrados los convenios correspondientes para la adquisición de dicha capacidad.

Los servicios comprendidos en la presente condición, se deben entender limitativamente; por tanto, cualquier otro servicio que el Concesionario pretenda proporcionar al amparo de esta Concesión, requerirá de la respectiva concesión, permiso o autorización expresa de la Secretaría, de acuerdo a lo establecido por la Ley y demás disposiciones legales, reglamentarias y administrativas aplicables.

A.3. (...)

A.4. Compromisos de cobertura de la Red. El Concesionario se obliga a instalar 17,845 km de fibra óptica propia en 33 rutas, para enlazar 71 localidades en las Etapas que se señalan a continuación, de conformidad con las especificaciones técnicas indicadas en su solicitud referida en el Antecedente I de la Concesión;»⁸⁶ (ver Tabla 3)

⁸⁵ Diario Oficial de la Federación (2007). EXTRACTO del Título de Concesión para instalar, operar y explotar una red pública de telecomunicaciones, para la prestación de los servicios de provisión y arrendamiento de capacidad de la Red, y la comercialización de la capacidad adquirida respecto de redes de otros concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones, en 71 localidades del país, otorgado en favor de la Comisión Federal de Electricidad. p. 1. México. Obtenido en junio 20, 2016 de la página: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4947274&fecha=11/01/2007

⁸⁶ Diario Oficial de la Federación (2007). EXTRACTO p. 4.

Tabla 3. Etapas de instalación de la red de fibra óptica

Etapa	Ruta	Puntos de presencia		Kms	
		De	A		
I	1.- México-Tuxtla Gutiérrez	México, D.F.	Puebla, Pue.	278	
		Puebla, Pue.	Temascal, Oax.	198	
		Temascal, Oax.	Villahermosa, Tab.	698	
		Villahermosa, Tab.	Tuxtla Gutiérrez, Chis.	45	
	Subtotal				1,219
	2.- México-Veracruz	México, D.F.	Puebla, Pue.	278	
		Puebla, Pue.	Texcoco, Méx.	96	
		Texcoco, Edo. Méx.	Poza Rica, Ver.	330	
		Poza Rica, Ver.	Veracruz, Ver.	233	
	Subtotal				937
	3.- México- Coatzacoalcos	México, D.F.	Tecali, Pue.	241	
		Tecali, Pue.	Puebla, Pue.	37	
		Puebla, Pue.	Temascal, Oax.	198	
		Temascal, Oax.	Acayucan, Ver.	187	
		Acayucan, Ver.	Minatitlán, Ver.	66	
		Minatitlán, Ver.	Coatzacoalcos, Ver.	9	
	Subtotal				738
	4.- San Luis Potosí-León	San Luis Potosí, S.L.P.	Aguascalientes, Ags.	150	
		Aguascalientes, Ags.	León, Gto.	110	
	Subtotal				260
	5.- México-Monterrey	México, D.F.	León, Gto.	807	
		León, Gto.	Aguascalientes, Ags.	110	
		Aguascalientes, Ags.	Saltillo, Coah.	495	
		Saltillo, Coah.	Monterrey, N.L.	80	
Subtotal				1,492	
6.- México-Guadalajara	México, D.F.	Yautepec, Mor.	141		
	Yautepec, Mor.	Tecali, Pue.	100		
	Tecali, Pue.	Puebla, Pue.	37		
	Puebla, Pue.	Sn. Martín Texmelucan, Pue.	36		

		Sn. Martín Texmelucan, Pue.	Texcoco, Méx.	60	
		Texcoco, Méx.	Tula, Hgo.	83	
		Tula, Hgo.	Querétaro, Qro.	150	
		Querétaro, Qro.	Celaya, Gto.	49	
		Celaya, Gto.	Salamanca, Gto.	76	
		Salamanca, Gto.	Zamora, Mich.	154	
		Zamora, Mich.	Guadalajara, Jal.	205	
Subtotal				1,091	
7.- Monterrey-Tampico		Monterrey, N.L.	Cd. Victoria, Tamps.	282	
		Cd. Victoria, Tamps.	Tampico, Tamps.	168	
Subtotal				450	
TOTAL ETAPA I				6,187	
II	8.- Monterrey-Piedras Negras	Monterrey, N.L.	Monclova, Coah.	227	
		Monclova, Coah.	Sabinas, Coah.	132	
		Sabinas, Coah.	Piedras Negras, Coah.	98	
	Subtotal				457
	9.- Monterrey-Torreón	Monterrey, N.L.	Torreón, Coah.	330	
	Subtotal				330
	10.- Monterrey- Matamoros	Monterrey, N.L.	Reynosa, Tamps.	334	
		Reynosa, Tamps.	Matamoros, Tamps.	113	
	Subtotal				447
	11.- Torreón-Ciudad Juárez	Torreón, Coah.	Camargo, Chih.	336	
		Camargo, Chih.	Chihuahua, Chih.	299	
		Chihuahua, Chih.	Ciudad Juárez, Chih.	392	
	Subtotal				1,027
12.- Torreón-Mazatlán	Torreón, Coah.	Durango, Dgo.	252		
	Durango, Dgo.	Mazatlán, Sin.	225		
Subtotal				477	
13.- Mazatlán-Nogales	Mazatlán, Sin.	Culiacán, Sin.	232		
	Culiacán, Sin.	Mochis, Son.	328		
	Mochis, Son.	Obregón, Son.	260		
	Obregón, Son.	Guaymas, Son.	161		
	Guaymas, Son.	Hermosillo, Son.	181		
	Hermosillo, Son.	Nogales, Son.	285		

Subtotal			1,447
14.- Los Cabos-Loreto	Cabo Sn. Lucas, B.C.S.	La Paz, B.C.S.	267
	La Paz, B.C.S.	Loreto, B.C.S.	260
Subtotal			527
15.- Mexicali-Ensenada	Mexicali, B.C.N.	Tijuana, B.C.N.	208
	Tijuana, B.C.N.	Ensenada, B.C.N.	127
Subtotal			335
16.- Guadalajara-Mazatlán	Guadalajara, Jal.	Zapopan, Jal.	10
	Zapopan, Jal.	Tepic, Nay.	214
	Tepic, Nay.	Vallarta, Jal.	106
	Vallarta, Jal.	Mazatlán, Sin.	242
Subtotal			572
17.- Guadalajara-Morelia	Guadalajara, Jal.	Uruapan, Mich.	315
	Uruapan, Mich.	Morelia, Mich.	85
Subtotal			400
18.- Aguascalientes-Fresnillo	Aguascalientes, Ags.	Fresnillo, Zac.	193
Subtotal			193
19.- San Luis Potosí-Tampico	San Luis Potosí, S.L.P.	Río Verde, S.L.P.	180
	Río Verde, S.L.P.	Valles, S.L.P.	78
	Valles, S.L.P.	Altamira, Tamps.	117
	Altamira, Tamps.	Tampico, Tamps.	131
Subtotal			506
20.- México-Acapulco	México, D.F.	Acapulco, Gro.	386
Subtotal			386
21.- Veracruz-Córdoba	Veracruz, Ver.	Orizaba, Ver.	206
	Orizaba, Ver.	Córdoba, Ver.	20
Subtotal			226
22.- Veracruz-Oaxaca	Veracruz, Ver.	Oaxaca, Oax.	291
Subtotal			291
23.- Tuxtla Gutiérrez-Tapachula	Tuxtla Gutiérrez, Chis.	Tapachula, Chis.	271
Subtotal			271
24.- Mérida-Tuxtla Gutiérrez	Mérida, Yuc.	Ticul, Yuc.	99
	Ticul, Yuc.	Escárcega, Camp.	268

	Escárcega, Camp.	Tuxtla Gutiérrez, Chis.	525	
Subtotal			892	
25.- Mérida-Cancún	Mérida, Yuc.	Valladolid, Yuc.	250	El cableado de estas rutas fue contabilizado en las rutas anteriores.
	Valladolid, Yuc.	Cancún, Q. Roo.	174	
Subtotal			424	
26.- Mérida-Campeche	Mérida, Yuc.	Campeche, Camp.	211	
Subtotal			211	
27.- Mérida-Chetumal	Mérida, Yuc.	Chetumal, Q. Roo.	389	
Subtotal			389	
28.- Hermosillo-Monterrey	Hermosillo, Son.	Monterrey, N.L.	1,850	
Subtotal			1,850	
29.- Mérida-México	Mérida, Yuc.	México, D.F.		
30.- Mérida-Veracruz	Mérida, Yuc.	Veracruz, Ver.		
31.-Veracruz-Tuxtla Gutiérrez	Veracruz, Ver.	Tuxtla Gutiérrez, Chis.		
32.- Hermosillo-México	Hermosillo, Son.	México, D.F.		
33.- Torreón-México	Torreón, Coah.	México, D.F.		
TOTAL ETAPA II			11,658	

Fuente: Diario Oficial de la Federación.

Cabe señalar que, en enero de 2016 el Instituto Federal de Telecomunicaciones autorizó que de los derechos y obligaciones de esta concesión a Telecomunicaciones de México. A su vez, Telecomunicaciones de México debía ceder los contratos a los concesionarios autorizados a prestar servicios a usuarios finales, dentro de los seis meses siguientes a la fecha en la que fue cedida la concesión. Ambas acciones atienden al transitorio 42 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.

En los subtemas siguientes, se estudiarán el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 y 2013-2018, las políticas públicas de telecomunicaciones de 2009 a la fecha, y el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018. También se examinarán algunas políticas públicas de Suecia, Brasil y Francia en materia de redes ópticas. Se sabrá qué acciones están llevando a cabo los gobiernos para impulsar el crecimiento de estas redes e incrementar la cobertura de banda ancha a lo largo de su territorio.

Igualmente, en la parte final de este capítulo, se analizarán algunas normas técnicas desarrolladas por el sector de normalización de la UIT que establecen las características básicas, físicas y de propagación, de fibras monomodo y multimodo.

3.6 Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012

El Plan Nacional de Desarrollo de la gestión del presidente Felipe Calderón Hinojosa, incluyó al sector de las telecomunicaciones dentro del eje de acción llamado “Economía competitiva y generadora de empleos”; sin embargo, no existió ninguna estrategia dentro de este eje que contemple el fomento de las redes de fibra óptica como instrumento de crecimiento económico, tecnológico y social.

3.7 Estrategia Nacional de Conectividad

Documento a cargo de la Coordinación de la Sociedad de la Información y el Conocimiento – coordinación perteneciente a la estructura orgánica de la SCT- y publicado en 2009. Uno de los objetivos de la Estrategia Nacional de Conectividad era el aumento de la cobertura de banda ancha y de usuarios de Internet. Para alcanzar ambos objetivos, uno de los ejes planteados fue la construcción de una Red Dorsal Nacional de Impulso a la Banda Ancha (Red NIBA) que entregaría servicios únicamente a Gobiernos Estatales, dependencias y entidades de la Administración Pública, Universidades y Centros de Investigación y que estaría basada en la infraestructura de fibra óptica de la CFE.

3.8 AgendaDigital.mx

La AgendaDigital.mx, fue una de diez acciones anunciadas por el presidente Felipe Calderón a finales de enero de 2012. Se pretendía que tales acciones fuesen implementadas a corto plazo para reducir la brecha digital e incidir de forma positiva en el mercado de las telecomunicaciones.

Uno de los objetivos que proyectaba la AgendaDigital.mx, era el acceso universal a la conectividad de banda ancha. Para lograr tal meta, una de las estrategias era poner a disposición de particulares mayor capacidad de transporte de la red de fibra óptica de la Comisión Federal de Electricidad. Asimismo, proponía potenciar el rol estratégico de la infraestructura de

telecomunicaciones de la CFE y promover inversiones para ampliar la cobertura y la infraestructura de fibra óptica de la CFE para el servicio público y la prestación de servicios de telecomunicaciones.

3.9 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018

En el capítulo sexto, llamado “Objetivos, estrategias y líneas de acción”; y dentro del objetivo 4.5 llamado “Democratizar el acceso a servicios de telecomunicaciones”, correspondiente al capítulo “México Próspero” del Plan Nacional de Desarrollo, la estrategia 4.5.1 señala como línea de acción «aumentar el uso del Internet mediante el desarrollo de nuevas redes de fibra óptica que permitan extender la cobertura a lo largo del territorio nacional».⁸⁷

En la misma estrategia 4.5.1, se le da seguimiento a un proyecto del sexenio anterior: la Red NIBA. El Ejecutivo Federal propone la creación de un programa de banda ancha basado en, la ya existente, Red NIBA.

3.10 Estrategia Digital Nacional

En la Estrategia Digital Nacional, publicada por la administración del Presidente Enrique Peña Nieto, puede leerse que su propósito es aumentar la digitalización en México para maximizar su impacto social, económico y político en beneficio de la calidad de vida de los mexicanos.

Los objetivos del proyecto son la transformación gubernamental, la economía digital, la educación de calidad, la salud universal y efectiva, y la seguridad ciudadana. Para consumir dichos objetivos se plantean cinco herramientas: conectividad, inclusión y habilidades digitales, interoperabilidad, marco jurídico y datos abiertos.

La única sección del documento que habla sobre la fibra óptica es la correspondiente a la conectividad como instrumento para materializar las metas de la estrategia. En dicha sección, se menciona que «se ampliará la red troncal de fibra óptica para incrementar la capacidad nacional de transporte de información y acercarla a mercados que no han sido atendidos dada su falta de capilaridad y, de esta manera, lograr que estos mercados sean atractivos para operadores, existentes

⁸⁷ Presidencia de la República (2013). *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. p. 136. México: Presidencia de la República. Obtenido en mayo 08, 2016 de la página: <http://pnd.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PND.pdf>

o nuevos, locales, regionales o nacionales, de servicios fijos o móviles, que se apoyen en la red troncal».88

3.11 Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte

Por su parte, el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte 2013-2018, establece dentro de sus líneas de acción que busca reducir los costos de los servicios de telecomunicaciones desplegando nuevas redes de fibra óptica.

En el documento también se establecen los principales retos que enfrenta Telecomunicaciones de México (TELECOMM), donde destaca el generar las condiciones para operar la red troncal de fibra óptica que le cederá la CFE.

3.12 *Broadband Strategy for Sweden*

En 2009, año en que es publicado esta estrategia, Suecia contaba con un fuerte posicionamiento en el uso de Tecnologías de la Información (TI) y en el acceso a servicios de banda ancha; posicionamiento que ha mantenido.

Broadband Strategy for Sweden nació para fortalecer el gran desarrollo en infraestructura de banda ancha que se había alcanzado gracias a las estrategias que la precedían: *An Information Society For All* y *From an IT policy for Society to a Policy for the Information Society*, dadas a conocer en 1999 y 2005, respectivamente.

La estrategia, dividida en cuatro áreas de acción, enfoca sus objetivos en la creación de condiciones de mercado oportunas para que, a través de la inversión de los agentes del mercado de las telecomunicaciones, se alcancen las siguientes metas:

- Para 2015, el 40% de los hogares y negocios debían contar con acceso a servicios de banda ancha con velocidad mínima de 100 Mbps.

⁸⁸ Presidencia de la República (2013). *Estrategia Digital Nacional*. p. 26. México: Presidencia de la República. Obtenido en mayo 08, 2016 de la página: <http://cdn.mexicodigital.gob.mx/EstrategiaDigital.pdf>

- Para 2020, el 90% de los hogares y negocios deberán tener acceso a servicios de banda ancha, a una velocidad mínima de 100 Mbps.

En materia de fibra óptica, la estrategia en su primera área de acción llamada *Functioning Competition*, propone invertir en este medio de transmisión para desarrollo de nuevas redes de banda ancha y la modernización de las redes existentes.

Una de las funciones principales de las autoridades municipales en Suecia, es el control territorial del municipio y el otorgamiento de licencias a los operadores de telecomunicaciones para el despliegue de redes. En el área de acción denominada *Public-sector players in the market*, se considera oportuno que los gobiernos municipales de Suecia, como administradores de los terrenos locales, concedan a operadores y otros actores, mejores oportunidades para el despliegue de fibra óptica y la renta de fibra óptica oscura. Se resalta la importancia de que las oportunidades sean iguales para todos los interesados, no se velará por los intereses de uno o un grupo de operadores.

Dentro de la misma área de acción, se considera como prioridad incrementar la disponibilidad de ductos subterráneos para fibra óptica con el fin de facilitar e incentivar aún más el uso de banda ancha. Cuando nuevas carreteras son construidas o renovadas, debe ser considerada la construcción de ductos para la instalación de fibra óptica. El gobierno sueco expresa su intención de encomendar a la Administración Nacional de Carreteras, con apoyo de la Agencia Sueca de Correos y Telecomunicaciones, la formulación de una propuesta para llevar a cabo la construcción de dichos ductos.

3.13 Plan Nacional de Banda Larga

El *Plan Nacional de Banda Larga* (PNBL) es un proyecto iniciado por el gobierno brasileño en mayo de 2010, con el propósito de masificar el acceso a los servicios de banda ancha, acelerar el desarrollo económico y social, promover la inclusión digital y promover la generación de empleos.

Dentro de sus acciones se encuentra el despliegue de una red troncal de fibra óptica de 35,000 km, abarcando 4,224 ciudades. Aproximadamente 40 millones de hogares (68% de la población) podrían beneficiarse de un acceso de banda ancha gracias a este desarrollo. La empresa Telebrás fue nombrada como la encargada de implementar y administrar dicha red, teniendo convenios con

Eletróbrás y Petrobras, dos de las principales empresas brasileñas, para la cesión del uso de fibras ópticas que se utilizarán para la implementación de la red de telecomunicaciones.

La meta es ampliar la cobertura y reducir los costos de acceso a Internet de banda ancha con el fin de asegurar que esté disponible para los hogares de bajos ingresos, e incluso en zonas rurales. La velocidad mínima debe ser superior a 1 Mbps para una tarifa de 35 reales brasileños –poco más de 200 pesos mexicanos⁸⁹- por mes. Esta velocidad mínima se incrementó a 5 Mbps a partir de 2014.

El PNBL plantea el otorgamiento de incentivos como la exención o la reducción de impuestos a los operadores de servicios, con la finalidad de fomentar la prestación de servicios de banda ancha en las zonas rurales.

3.14 France Très Haut Débit

El plan *France Très Haut Débit* (FTHD) –en español podría traducirse como “Francia a Muy Alta Velocidad”-, anunciado por François Hollande en 2013, es una estrategia de inversión que pretende dotar de banda ancha, tanto móvil como fija, a todo el territorio francés para 2022. Para llevar a cabo este cometido, se invertirán 20 mil millones de euros, repartidos entre operadores, autoridades locales y el Estado. El plan FTHD, de acuerdo con la Comisión Europea, define “*très haut débit*” como la velocidad de subida mayor a 30 Mbps.⁹⁰

Para asegurar que la cobertura nacional este completa para el año 2022 y, evitar el despliegue paralelo de múltiples redes, el plan se divide en dos modalidades:

- En las grandes ciudades y capitales de los departamentos en los que se divide el territorio francés, los operadores de telecomunicaciones desplegarán redes FTTH de iniciativa privada. Los operadores se comprometen a lograr el objetivo en 2020, en virtud de los acuerdos firmados con las autoridades locales y el Estado. Los acuerdos establecen que la instalación de redes se llevará a cabo en 3,600 localidades, lo que representa el 55% de la población, y contará con una inversión de entre 6 y 7 mil millones de euros. Salvo algunas

⁸⁹ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 29 de julio de 2016 en Banamex, donde el Real se vende en \$5.95.

⁹⁰ Pellerin, F. (2016). *Plan France Très Haut Débit. Dossier de presse*. Francia: France Très Haut Débit. Obtenido en julio 25, 2016 de la página: http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/economie-numerique/tres-haut-debit/plan-france-tres-haut-debit-dp-2014-02.pdf

excepciones y conforme al marco normativo de la Autoridad Reguladora de las Comunicaciones Electrónicas y Correos (ARCEP, *Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes*), en ciudades muy grandes las redes deberán ser compartidas. Es decir, una única red se desplegará y se compartirá entre los operadores.

- En el resto del país, las autoridades locales, apoyadas por el Estado, se encargarán del despliegue de diferentes redes de acceso: satelitales, WiMAX, 4G, así como la modernización de redes ADSL implementando fibra óptica en los abonados finales para aumentar la velocidad de transmisión. Propiedad de las autoridades locales, estas redes de iniciativa pública (RIP), podrán ofrecer servicios a particulares y empresas a través de proveedores de servicio de internet. La inversión será de 13 a 14 mil millones de euros, de los cuales, la mitad provendrá de las ganancias por la explotación de las RIP y del cofinanciamiento de los operadores. Para la segunda mitad de la inversión se tienen un doble apoyo: un subsidio de 3,300 millones de euros procedente del *Programme des investissements d'avenir* –un fondo establecido por el gobierno para cubrir inversiones futuras- y los impuestos pagados por operadores por la explotación de ciertas bandas de frecuencia 4G. Además, se pone a disposición de un paquete de préstamos de vencimiento a largo plazo –hasta 40 años- y con tasa de interés -2.25% anual- en la movilización de ahorros. Estos préstamos podrán ser completados con préstamos del Banco Europeo de Inversiones.

El plan FTHD sitúa a la fibra óptica como una prioridad en el desarrollo de redes de banda ancha porque el gobierno francés tiene dos principales finalidades:

- Fortalecer la competitividad económica francesa y la calidad de los servicios públicos: El despliegue de estas redes beneficiará la industria de las pequeñas y medianas empresas repartidas por todo el territorio, y permitirá que se refuerce su competitividad. Las zonas de actividad económica y los sitios públicos (escuelas, hospitales, asilos para ancianos, etc.), son los sitios prioridad para la implementación de fibra óptica.
- Generalizar el acceso a las tecnologías de banda ancha: Alrededor del 80% de hogares contarán con FTTH para el año 2022.

Para el desarrollo del plan, se han generado poco más de 20,000 empleos. Los Ministerios pertinentes, en colaboración con las autoridades locales, las cámaras de comercia y empresarios, abrieron centros de capacitación para quienes trabajen en el despliegue de redes de fibra óptica. Los centros están ubicados en los departamentos de La Mancha, Sena y Marne, Yvelines y Drôme.

3.15 Recomendaciones UIT-T

3.15.1 Recomendación UIT-T G.651.1: Características de los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 μm para la red de acceso óptico

Norma definida en 2007 por el sector de normalización de la UIT, la cual describe las características de las fibras y cables ópticos multimodo 50/125 μm de índice gradual, las cuales son usadas para longitudes de onda de 850 nm o 1300 nm. Este tipo de fibras pueden ser usadas en sistemas Ethernet con velocidades de transmisión mayores a 1 Gbps.

Los parámetros geométricos, ópticos, mecánicos y de transmisión están clasificados en dos categorías: Características de diseño para la fabricación de la fibra óptica, y las características de transmisión de los cables ópticos (ver Tabla 4).

Tabla 4. Características de la fibra óptica y cables ópticos multimodo 50/125 μm de índice gradual, de acuerdo a la Recomendación UIT-T G.651.1

Características de la fibra óptica		
Atributos		Valores
Diámetro de <i>cladding</i>	Nominal	125 μm
	Tolerancia	$\pm 2 \mu\text{m}$
Diámetro de núcleo	Nominal	50 μm
	Tolerancia	$\pm 3 \mu\text{m}$
Error de concentricidad núcleo- <i>cladding</i>	Máximo	3 μm
No circularidad del núcleo	Máxima	6%
No circularidad del <i>cladding</i>	Máxima	2%
Apertura numérica	Nominal	0.20
	Tolerancia	± 0.015
Pérdidas por microcurvaturas	Radio	15 mm
	Número de vueltas	2
	Máxima a 850 nm	1 dB
	Máxima a 1300 nm	1 dB

Prueba de estrés	Máxima	0.69 GPa
Producto ancho de banda modal * longitud en desbordamiento	Mínimo a 850 nm	
	Mínimo a 1300 nm	
Coeficiente de dispersión cromática	λ_{0min}	1295 nm
	λ_{0max}	1340 nm
	S_{0max} para $1295 \leq \lambda_0 \leq 1310$ nm	≤ 0.105 ps/nm ² × km
	S_{0max} para $1310 \leq \lambda_0 \leq 1340$ nm	$\leq 375 \times (1590 - \lambda_0) \times 10^{-6}$ ps/nm ² · km
Características de los cables de fibra óptica		
Atributos		Valores
Coeficiente de atenuación	Máximo a 850 nm	3.5 dB/km
	Máximo a 1300 nm	1.0 dB/km

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

3.15.2 Recomendación UIT-T G.652: Características de las fibras y cables ópticos monomodo

Esta recomendación especifica las características de las fibras y cables ópticos monomodo optimizada para su uso en la longitud de onda de 1300 nm, y que puede utilizarse también en la región de 1550 nm. Esta fibra puede emplearse para transmisión analógica y digital.

Las propiedades incluidas en la recomendación están clasificadas en tres categorías: características para el diseño de fibra óptica, características de transmisión de cables ópticos y características de enlace de fibra óptica concatenados. En seguida, se exponen cuatro tablas donde se resumen las características de fibras y cables ópticos de acuerdo a su aplicación (ver Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8):

Tabla 5. Atributos y valores necesarios para soportar aplicaciones mencionadas en las Recomendaciones UIT-T G.957⁹¹ y UIT-T G.691⁹² para sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbps hasta 40 km y STM-256 de la Recomendación UIT-T G.693⁹³

Características de la fibra óptica	
Atributos	Valor

⁹¹ Esta Recomendación especifica los parámetros de las interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona para permitir la compatibilidad transversal.

⁹² Recomendación que proporciona parámetros y valores para las interfaces ópticas de los sistemas monocanal de largo alcance STM-4, STM-16 y STM-64 que utilizan preamplificadores y/o amplificadores reforzadores ópticos. Además, proporciona parámetros de la interfaz óptica de los sistemas monocanal STM-64 de conexión local y de los sistemas de corto alcance sin amplificación óptica.

⁹³ La recomendación G.693 especifica parámetros y valores para interfaces ópticas para sistemas de conexión local.

Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Rango de valores nominales	8.6-9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 6 \mu\text{m}$
Diámetro de <i>cladding</i>	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μm
No circularidad del <i>cladding</i>	Máximo	1.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdidas por microcurvaturas	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximas a 1550 nm	0.1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² × km
Características de los cables de fibra óptica		
Atributos		Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0.5 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0.4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0.01 %
	Máximo PMD _Q	0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Tabla 6. Atributos y valores necesarios para soportar aplicaciones de mayor velocidad de canal, hasta STM-64 para las aplicaciones contenidas en las Recomendaciones UIT-T G.691 y UIT-T G.692⁹⁴ y STM-256 para las aplicaciones de las Recomendaciones UIT-T G.693 y UIT-T G.959.1⁹⁵

Características de la fibra óptica		
Atributos		Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Rango de valores nominales	8.6-9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Diámetro de <i>cladding</i>	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μm
No circularidad del <i>cladding</i>	Máximo	1.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdidas por microcurvaturas	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximas a 1625 nm	0.1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa

⁹⁴ Esta Recomendación especifica las interfaces de los sistemas de línea ópticos multicanales a fin de conseguir compatibilidad transversal entre dichos sistemas.

⁹⁵ Recomendación para interfaces de capa física de red óptica de transporte.

Coeficiente de dispersión cromática	λ_{0min}	1300 nm
	λ_{0max}	1324 nm
	S_{0max}	0.092 ps/nm ² × km
Características de los cables de fibra óptica		
Atributos		Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0.4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0.35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0.4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0.01%
	Máximo PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Tabla 7. Atributos y valores necesarios para soportar aplicaciones mencionadas en las Recomendaciones UIT-T G.957 y UIT-T G.691 para sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbps hasta 40 km y STM-256 de la Recomendación UIT-T G.693 en un rango de longitud de onda extendido, de 1360 nm a 1530 nm

Características de la fibra óptica		
Atributos		Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Rango de valores nominales	8.6-9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 6 \mu\text{m}$
Diámetro de <i>cladding</i>	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μm
No circularidad del <i>cladding</i>	Máximo	1.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdidas por microcurvaturas	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximas a 1625 nm	0.1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	λ_{0min}	1300 nm
	λ_{0max}	1324 nm
	S_{0max}	0.092 ps/nm ² × km
Características de los cables de fibra óptica		
Atributos		Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm	0.4 dB/km
	Máximo a 1383 nm ± 3 nm	0.4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0.3 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0.01%
	Máximo PMD _Q	0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Tabla 8. Atributos y valores necesarios para soportar aplicaciones de mayor velocidad de canal, hasta STM-64 para las aplicaciones contenidas en las Recomendaciones UIT-T G.691 y UIT-T G.692 y STM-256 para las aplicaciones de las Recomendaciones UIT-T G.693 y UIT-T G.959.1 en un rango de longitud de onda extendido, de 1360 nm a 1530 nm

Características de la fibra óptica		
Atributos		Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Rango de valores nominales	8.6-9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 6 \mu\text{m}$
Diámetro de <i>cladding</i>	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μm
No circularidad del <i>cladding</i>	Máximo	1.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdidas por microcurvaturas	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximas a 1625 nm	0.1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² × km
Características de los cables de fibra óptica		
Atributos		Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm	0.4 dB/km
	Máximo a 1383 nm ± 3 nm	0.4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0.3 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0.01%
	Máximo PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Las características de enlace de los cables concatenados se resumen en la Tabla 9:

Tabla 9. Valores representativos de los enlaces de fibra óptica concatenados

	Rango de longitudes de onda	Valor típico del enlace
Coeficiente de atenuación	1260 nm-1360 nm	0.5 dB/km
	1530 nm-1565 nm	0.275 dB/km
	1565 nm-1625 nm	0.35 dB/km
Coeficiente de dispersión cromática	D_{1550}	17 ps/nm × km
	S_{1550}	0.056 ps/nm ² × km

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

**Tabla 10. Retardo diferencial de grupo
DGD máximo
implícito inducido
por la fibra [ps]**

PMD_Q máximo [ps/√km]	Distancia del enlace	DGD máximo implícito inducido por la fibra [ps]	Velocidad del canal
	Sin especificar		Hasta 2.5 Gbps
0.5	400	25.0	10 Gbps
	40	19.0	10 Gbps
	2	7.5	40 Gbps
0.20	3000	19.0	10 Gbps
	80	7.0	40 Gbps
0.10	>4000	12.0	10 Gbps
	400	5.0	40 Gbps

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

En este tercer capítulo, se pudo estudiar el contexto jurídico en el que se encuentran las comunicaciones ópticas a nivel nacional. De lo expuesto, es importante señalar que las redes ópticas son un tema que no tiene el impacto deseado, como lo tiene en Suecia, Francia o Brasil, dentro de los lineamientos jurídicos del sector de las telecomunicaciones.

A pesar de existir iniciativas por parte del Gobierno Federal mediante la SCT y el IFT para desplegar nuevas redes de fibra óptica, México carece de programas gubernamentales y leyes donde el tema fundamental sea el desarrollo de infraestructura de fibra óptica como parte del progreso de las telecomunicaciones en el país. Por ello, se debe puntualizar que aún faltan esfuerzos de carácter tecnológico y jurídico para tener una oportuna explotación y aprovechamiento de, tanto nuevas, como ya existentes redes ópticas.

En el siguiente capítulo, para complementar lo visto en este, se hablará de las tecnologías ópticas más empleadas actualmente en la industria; lo que ha llevado a que sean objeto de estudio en materia de regulación y legislación por parte de los gobiernos de diversos países. Asimismo, el desarrollo y explotación de dichas tecnologías ha sido el fin de diferentes políticas públicas a lo largo del mundo, con las que se busca el crecimiento económico y tecnológico del país que las implementa.

Capítulo 4. Tecnologías de fibra óptica disponibles actualmente y tendencias

El contenido de este capítulo comprende las tecnologías ópticas más utilizadas hoy en día en la industria de las telecomunicaciones. Se iniciará con las redes ópticas pasiva, sus estándares y arquitecturas más importantes, de las cuales FTTH destaca por sus atributos. Posteriormente, se hablará del protocolo Ethernet en transmisiones a través de fibra óptica con velocidades de 40 y 100 Gbps y, su implementación en redes de transporte óptico con multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM, *dense wavelength division multiplexing*).

Para finalizar este capítulo, se ahondará en una potencial tecnología de comunicaciones ópticas inalámbricas que ha sido llamada *Li-Fi*, la cual podría revolucionar el mundo de las comunicaciones móviles.

4.1 Redes Ópticas Pasivas

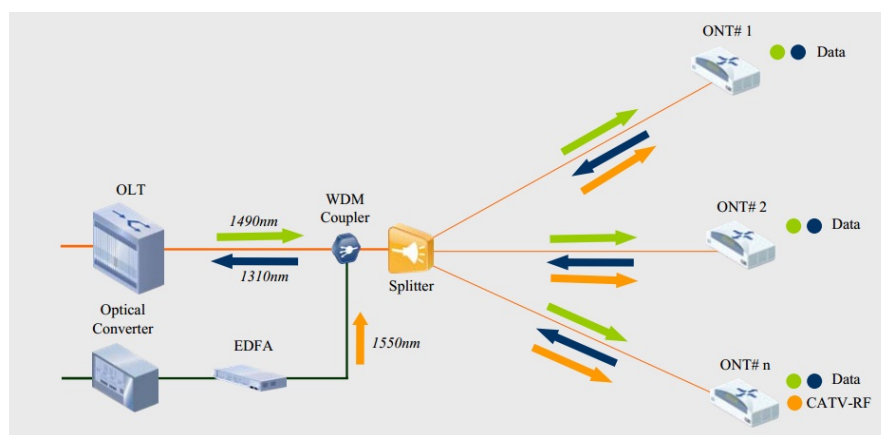


Figura 20. Arquitectura general de una red PON

Fuente: Sitio web: Redes privadas y PON. <http://redesprivadasypon.blogspot.mx>

Una red óptica pasiva (PON, *passive optical network*), es una tecnología de acceso multipunto que se caracteriza por emplear únicamente elementos pasivos -fibra óptica, empalmes, divisores, conectores, atenuadores, etc.- desde la central del operador hasta el final del enlace por fibra óptica (ver Figura 20).

El uso de elementos pasivos reduce el costo de la red, de manera que el costo por cliente disminuye en comparación a otras redes de acceso ya que la infraestructura, el hardware y el ancho de banda son compartidos por los usuarios. Una red PON está esencialmente conformada por:

- **Terminación de línea óptica (OLT, *optical line termination*)**

Es un elemento activo situado en la central del proveedor que se encarga de vincular la red de distribución con la red de acceso, gestionando el tráfico entre los usuarios y la red de distribución. En la OLT se interconectan la red de telefonía pública conmutada (PSTN, *public switched telephone network*) y los servicios de internet.

Para el envío de datos y voz se utilizan las longitudes de onda de 1490 y 1310 nm, para las transmisiones *downstream* y *upstream*, respectivamente. Para servicios de video RF, las señales son convertidas en formato óptico a una longitud de onda de 1550 nm. Para las transmisiones descendentes, las longitudes de onda de 1490 nm y 1550 nm son combinadas por un acoplador de multiplexación por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*). De la OLT parte una fibra óptica principal hasta un divisor óptico que permite conectar varias terminaciones de red óptica (ONT, *optical network termination*) o unidades de red óptica (ONU, *optical networks unit*), según sea el caso.

El video/TV puede también ser entregado a través del protocolo IP. En este caso, para la transmisión *downstream*, se utilizaría únicamente la longitud de onda de 1490 nm.

- **Red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*)**

Esta es la sección de la red que emplea dispositivos ópticos pasivos, los cuales permiten guiar el tráfico desde la OLT hasta la ONT. Estos elementos son: fibras y cables ópticos monomodo, cintas de fibra óptica y cables de cintas de fibra óptica, empalmes, conectores, divisores –también conocidos como *splitters*- y atenuadores.

Para la instalación de cables de fibra óptica en la PON, se utilizan tres métodos básicos que dependen del costo, los derechos de paso, normas legales y de si la fibra será desplegada en nuevas instalaciones o en un sitio donde ya se cuentan con los medios para ser instalada.

- ◆ Enterramiento directo: El cable es colocado de forma subterránea, esto se logra excavando zanjas, arando o perforando.
- ◆ Instalación de conductos: El cable óptico es colocado dentro de una red de conductos subterráneos. La instalación de conductos es más cara que la instalación bajo tierra directa, sin embargo, el uso de conductos hace que sea mucho más fácil agregar o quitar cables.
- ◆ Instalación aérea: El cable se instala en postes o torres a lo largo del recorrido. El cable óptico puede asegurarse a un cable portador o pueden emplearse cables ópticos autoportantes.

En áreas densamente pobladas y con dificultades de derecho de paso, existen otras alternativas para la instalación de fibra óptica. Estas opciones pueden ser la instalación del cable óptico dentro de tubos de desagüe, tubos de alcantarillado o en tubos de gas natural.

De los componentes ópticos mencionados en un inicio, son los *splitters* quienes cumplen la función más importante dentro de la ODN. Los *splitters* son dispositivos de ramificación bidireccional, o simplemente, un divisor óptico que tiene un puerto de entrada y n puertos de salida –donde $n=2, 4, 8, 16, 32$ –.

En el enlace descendente, la señal óptica se divide igualmente entre los múltiples puertos de salida. Esto permite que varios usuarios compartan una misma fibra desde la OLT hasta el divisor y, por lo tanto, deban compartir el ancho de banda. En la dirección ascendente, las señales ópticas provenientes de las diversas ONT se combinan en el *splitter* para ser enviadas a través del cable óptico principal que va hacia la OLT.

Al ser dividida la potencia en el enlace descendente, los *splitters* agregan una pérdida conocida como “pérdida de divisor” o “relación de división” que depende el número de puertos a la salida. Estas pérdidas normalmente son de 3 dB para un divisor 1×2 , de 6 dB para uno de 1×4 y para uno de 1×8 serán de 9 dB. Es decir, se añaden 3 dB al aumentar el número de puertos de salida. Para el enlace ascendente, el divisor añade aproximadamente la misma cantidad de pérdidas que en descenso.

Dentro de la red PON pueden existir uno o varios divisores en cascada dependiendo la topología, siempre y cuando, el o los divisores satisfagan el presupuesto de potencia óptica permitido.

▪ **Terminación de red óptica o Unidad de red óptica**

Ambos términos son utilizados dentro de la bibliografía; sin embargo, es necesario señalar que la diferencia entre ellas es la distancia hacia el usuario. La ONU se sitúa en las cercanías del domicilio del usuario, mientras que la ONT se ubica en la vivienda del usuario. Ambas proporcionan conexión óptica con la red PON en el enlace ascendente y conexión eléctrica hacia el usuario en el enlace descendente. En el caso de la ONU, la conexión hasta el hogar del usuario se lleva a cabo a través de par trenzado. La ONT, por su parte, transporta las señales sobre fibra óptica hasta el usuario.

Tanto la ONT como la ONU, reciben la información proveniente de la OLT, demultiplexan las señales para proporcionar conexión a los servicios de voz, datos y video y convierte las señales ópticas a eléctricas. Ofrecen una interfaz Ethernet para los servicios de internet mediante un conector RJ45 y una interfaz telefónica usando un conector RJ11.

En lo que respecta a la transmisión *upstream*, realizan la conversión de señales eléctricas a ópticas para después multiplexarlas y ser enviadas a la OLT. Como se mencionó anteriormente, para el tráfico de voz y datos *upstream* se asigna la longitud de onda de 1310 nm, con la finalidad de evitar colisiones en la transmisión.

Una de las características más importantes de las PON, es la asignación dinámica de ancho de banda (DBA, *dynamic bandwidth assignment*). Esto permite a los operadores ofrecer a los clientes que lo necesiten, más ancho de banda cuando otros usuarios dentro de la misma PON no están empleando todo su ancho de banda disponible.

Las arquitecturas más utilizadas en este tipo de redes son las denominadas FTTx, las cuales se distinguen entre ellas por la distancia que existe entre la fibra óptica y el usuario. En la Figura 21 puede observarse que para las arquitecturas FTTB y FTTH la red de acceso es totalmente óptica, es decir, la fibra óptica es empleada hasta la casa o edificio del cliente. En el caso de las arquitecturas FTTC y FTTCab, se aprecia la implementación de ONUs donde la red cambia de medio de transmisión y de tecnología de acceso.

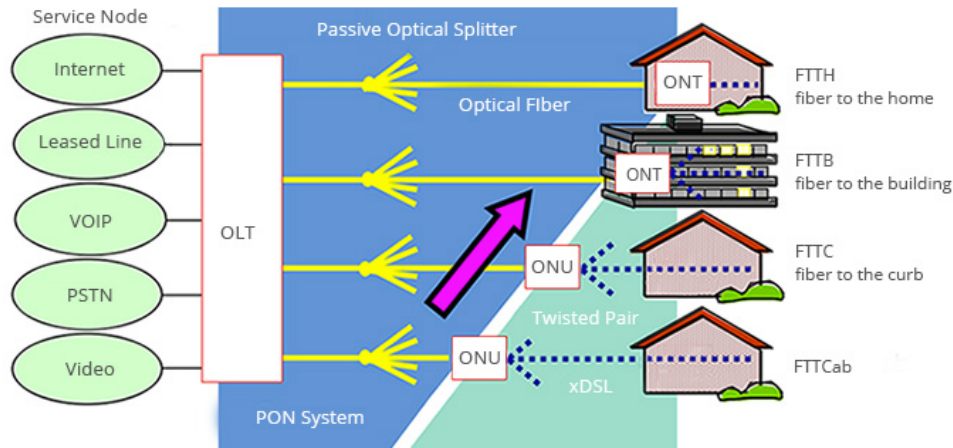


Figura 21. Arquitecturas FTTx

Fuente: Sitio web: Fiber cabling solution. <http://www.fiber-optic-cable-sale.com>

4.1.1 Tecnologías PON actuales

En los últimos años, el número de servicios que ofrecen los operadores de telecomunicaciones ha aumentado y se han vuelto más robustos debido al incremento de usuarios y a la necesidad de estos por mayor velocidad y ancho de banda. Esto ha derivado en el creciente número de redes PON que han sido desplegadas a lo largo de todo el mundo para cubrir dichas necesidades. En consecuencia, organismos internacionales de telecomunicaciones como el Sector de normalización de la UIT (UIT-T) y el Instituto de Ingenieros en Eléctrica y Electrónica (IEEE, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*), han establecido recomendaciones y estándares que han mejorado el diseño y seguridad de las PONs. En los siguientes subtemas se estudiarán las características generales de las tecnologías PON más relevantes actualmente:

4.1.1.1 ATM-PON

Las redes ópticas pasivas ATM (ATM-PON o APON, *ATM passive optical network*) fueron la primera tecnología PON desarrollada por el grupo conformado por operadores y fabricantes llamado *Full Service Access Network* (FSAN), el cual nació con la finalidad de impulsar los estándares de redes de acceso ópticas.

Las características de las redes ATM-PON son definidas en la recomendación UIT-T G.983.1⁹⁶ aprobada en 1998⁹⁷, utilizan el modo de transferencia asíncrona (ATM, *asynchronous transfer mode*)

⁹⁶ UIT-T G.983.1: Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas.

⁹⁷ Hoy en día, dicha versión de la recomendación es obsoleta.

como protocolo de transmisión y manejan velocidades simétricas y asimétricas. Las velocidades simétricas se refieren al uso de una sola velocidad tanto en el canal descendente como ascendente. En lo que respecta a las velocidades asimétricas, cada canal emplea una determinada velocidad. La UIT-T fija las velocidades que se presentan en la siguiente tabla para las redes ATM-PON:

Tabla 11. Velocidades definidas por la UIT-T para redes ATM-PON

Velocidades simétricas		Velocidades asimétricas	
Canal descendente	Canal ascendente	Canal descendente	Canal ascendente
155.52 Mbps	155.52 Mbps	622.08 Mbps	155.52 Mbps

4.1.1.2 B-PON

Las redes ópticas pasivas de banda ancha (B-PON, *broadband passive optical network*) están basadas en las redes ATM-PON, pero con la diferencia de que esta tecnología puede dar soporte a otros estándares de banda ancha. B-PON brinda soporte a Ethernet, permite el acceso a servicios de video y lograr un mayor ancho de banda al emplear la multiplexación WDM.

Es la recomendación UIT-T G.983.1, en su versión más reciente, la que define las características de la tecnología B-PON. Esta recomendación establece velocidades en el canal descendente de 155.52 Mbps, 622.08 Mbps y 1.2441 Gbps, y velocidades en el canal ascendente de 155.52 y 622.08 Mbps (ver Tabla 12).

Tabla 12. Velocidades definidas por la UIT-T para las redes B-PON

Velocidades simétricas		Velocidades asimétricas	
Canal descendente	Canal ascendente	Canal descendente	Canal ascendente
155.52 Mbps	155.52 Mbps	622.08 Mbps	155.52 Mbps
622.08 Mbps	622.08 Mbps	1.2441 Gbps	155.52 Mbps
		1.2441 Gbps	622.08 Mbps

4.1.1.3 GPON

Las redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabit (GPON, *gigabit passive optical network*) es otra tecnología perteneciente a la arquitectura PON, la cual está aprobada por la UIT-T en la familia de recomendaciones G.984⁹⁸. El principal objetivo de las redes GPON es ofrecer un ancho de banda mayor que sus predecesoras, y lograr una mayor eficiencia en el transporte de servicios basados en

⁹⁸ UIT-T G.984: Gigabit-capable passive optical networks (GPON).

IP. Las redes GPON utilizan su propio método de encapsulamiento llamado *GPON Encapsulation Method* (GEM), lo que le permite soportar tanto ATM como Ethernet. Gracias a esto, se da la posibilidad a los proveedores de continuar ofreciendo sus servicios convencionales sin tener que cambiar sus equipos para que sean compatibles con la tecnología.

GPON representó un avance en cuanto a eficiencia y escalabilidad. Las velocidades manejadas por esta tecnología, comparadas con las de las tecnologías anteriores, son mucho más rápidas. Las velocidades utilizadas por las redes GPON son las siguientes:

Tabla 13. Velocidades definidas por la UIT-T para redes GPON

Velocidades simétricas		Velocidades asimétricas	
Canal descendente	Canal ascendente	Canal descendente	Canal ascendente
2.4 Gbps	2.4 Gbps	2.4 Gbps	1.2 Gbps

La tecnología GPON también implementa características de operaciones, administración y mantenimiento (*OAM, operations, administration and maintenance*) avanzadas, ofreciendo una gestión robusta del servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades incorporadas, cabe destacar la monitorización de la tasa de error (*BER, bit error rate*), alarmas y eventos.

4.1.1.4 EPON

A diferencia de las redes descritas anteriormente, las redes ópticas pasivas con capacidad Ethernet (*EPON, Ethernet passive optical network*) fueron definidas por el grupo de estudio *Ethernet First Mile* del IEEE y están fundamentadas en la norma IEEE 802.3ah⁹⁹.

El transporte de tráfico en las redes EPON se realiza mediante el estándar Ethernet, desplazando así, la transmisión por medio del protocolo ATM. Utilizar redes EPON, permite a los vendedores eliminar elementos complejos y caros de las redes ATM, simplificándolas y reduciendo considerablemente los costos en la red. EPON brinda todas las ventajas de emplear fibra óptica en el transporte vía Ethernet. Adicionalmente, se incorporan funciones de *OA&M* para facilitar las operaciones de red y la solución de problemas.

⁹⁹ Norma IEEE 802.3ah: Telecommunications and Information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific Requirements.—Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specification.

Las EPON ofrecen una única velocidad simétrica de 1.25 Gbps, lo que las hace menos eficiente en comparación con las redes GPON; tecnología que ofrece velocidades más altas. La tecnología EPON se caracteriza por extensos encabezados en las tramas, provocando baja eficiencia y, en consecuencia, menor número de bits de carga útil *-payload-*.

En la siguiente tabla se muestra un resumen sobre estándares B-PON, GPON e EPON:

Tabla 14. Resumen de las tecnologías PON más importantes

Tipo		BPON				GPON		EPON	
Norma		Serie UIT-T G.938				Serie UIT-T G.984		IEEE 802.3ah	
Protocolo		ATM e incluso Ethernet				Ethernet, ATM, TDM, TDMA		Ethernet	
Servicios		Voz, datos, video				* Voz, datos * <i>Triple Play</i> * Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina- IPTV, video bajo demanda		<i>Triple Play</i>	
Distancia física máxima (OLT a ONT)	km	20				20		1000BASE-PX10 ¹⁰⁰ : 10	
								1000BASE-PX20 ¹⁰¹ : 20	
Relación de división		Hasta 32				Hasta 64		* 16 *32 (con FEC o DBD/APD)	
Velocidad de transferencia de bits nominal	Mbits/s	Descendente		Ascendente		Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente
		155.52	1244.16	155.52	622.08	2400	2400	1000	1000
		622.08					1200		
Banda de longitud de onda operativa	nm	1480-1580	1480-1500	1260-1360	1260-1360	1480-1500	1260-1360 Posibilidad de utilizar longitudes de onda de banda C más cortas de forma descendente y 1550 nm de forma ascendente	1000BASE-PX10: Descendente: 1490 nm + PIN Rx Ascendente: 1300	
					1280-1350			1550-1560 (Banda de mejora para video)	1000BASE-PX20: Descendente: 1490 nm + APD Rx Ascendente: 1300
					1288-1338				
ORL _{MÁX}	dB	>32				>32		15	

Fuente: EXFO.

¹⁰⁰ Especificación de IEEE 802.3 de la capa física para un enlace punto a multipunto de 1000 Mbps a través de una fibra óptica monomodo con un alcance de hasta 10 km y relación de división 1 x 16.

¹⁰¹ Especificación de IEEE 802.3 de la capa física para un enlace punto a multipunto de 1000 Mbps a través de una fibra óptica monomodo con un alcance de hasta 20 km y relación de división 1 x 16.

4.1.2 Fiber To The Home

Las redes FTTH, de las tecnologías FTTx, es la que ofrece mayor ancho de banda. Como su nombre lo indica, la fibra óptica es desplegada desde la OLT hasta el hogar del usuario. El gran ancho de banda soportado permite ofrecer a los clientes servicios *triple play*, además de servicios adicionales como voz y videollamadas sobre IP.

En el despliegue de redes FTTH se pueden diferenciar dos tipos de configuraciones de red. Una de ellas es usando la topología de red punto-a-punto (P2P, *point-to-point*), la cual propone el diseño de una red basada en enlaces ópticos dedicados desde la OLT hasta cada uno de los usuarios, de tal forma que cada uno de ellos disponga de un medio de transmisión propio. En consecuencia, las redes P2P ofrecen un amplio e independiente ancho de banda para cada usuario, siendo por tales razones una solución sencilla, fiable y robusta. No es la configuración más utilizada por su elevado costo de despliegue y por los altos precios que los usuarios deben pagar por los servicios que a través de ella se proporcionan.

La segunda configuración es mediante una PON que, como ya vimos, utiliza una topología punto-a-multipunto (PTMP, *point-to-multipoint*). Su funcionamiento está basado en divisores ópticos pasivos que dividen la señal óptica de una fibra de entrada, entre los múltiples puertos de salida. Por lo tanto, los usuarios comparten un mismo cable de fibra que llega hasta el *splitter*, donde la señal es distribuida hacia sus respectivos destinos. El costo de implementación y mantenimiento de esta configuración es mucho más bajo que el de las redes P2P gracias al uso de elementos pasivos. Ofrecen un ancho de banda amplio pero compartido, siendo así, más limitado que el de las redes P2P.

Otro de los inconvenientes de la configuración PTMP, es que la división de la señal óptica entre varios abonados usando *splitters*, provoca una pérdida de eficiencia en la red respecto a las redes P2P. Además, cada divisor introduce atenuación en la fibra, por lo que, mientras más etapas de división haya, mayores pérdidas se introduce en el medio.

En la Figura 22 se ilustran las configuraciones *point-to-point* y *point-to-multipoint* para una mejor comprensión.

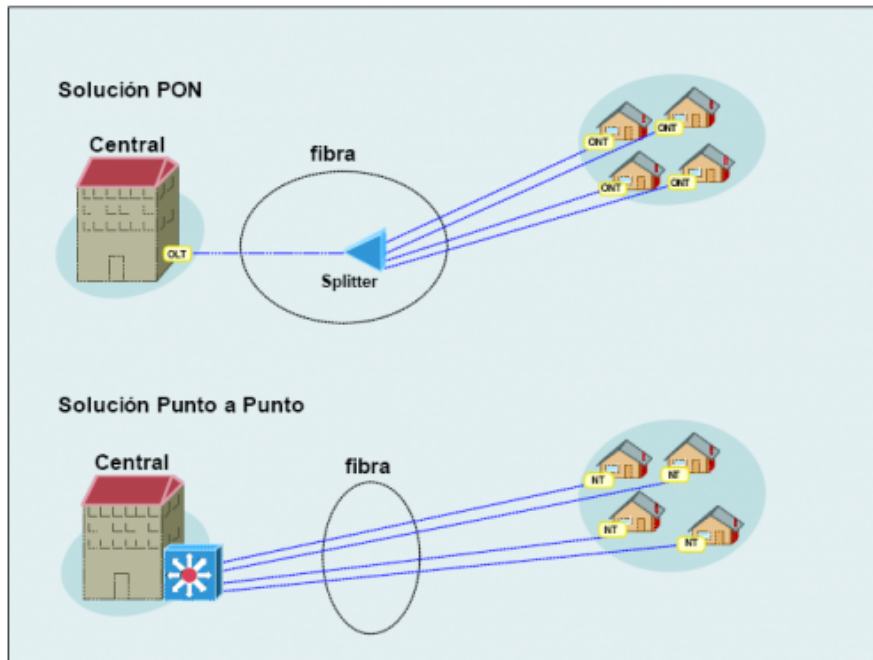


Figura 22. Configuraciones P2P y PTMP

Fuente: Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia

En el capítulo siguiente se verán las estadísticas más recientes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en materia del porcentaje de suscripciones de banda ancha fija, no sólo a través de la arquitectura FTTH, también a través de las arquitecturas FTTP y FTTB, en los países miembros de dicha organización –incluido México-. Además, se incluirán estadísticas, también de OCDE, sobre el crecimiento que han tenido dichas suscripciones hasta junio de 2016.

4.2 Ethernet de 40 y 100 Gbps

Ethernet nació como una tecnología para redes de área local (LANs, *local area networks*), no obstante, ha evolucionado para cubrir todo tipo de aplicaciones y redes. Su bajo costo, fiabilidad e interoperabilidad, la llevaron a desplazar tecnologías como el Modo de Transferencia Asíncrona (ATM, *Asynchronous Transfer Mode*) y SDH/SONET (*Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network*), conduciendo a que la mayor parte del tráfico de Internet, y demás redes basadas en el Protocolo de Internet (IP, *Internet Protocol*) y en el Protocolo de Control de Transmisión (TCP, *Transmission Control Protocol*), sea encapsulado sobre Ethernet.

El significativo crecimiento del tráfico basado en IP en redes de acceso, empresariales, de procesamiento de datos, de proveedores de servicios y de transporte óptico, trae consigo el incremento del ancho de banda necesario en la red troncal de Internet. Al no existir alternativas a 10 Gigabit Ethernet (10GE), las empresas y operadores debían emplear varias interfaces 10 Gbps para resolver sus requerimientos de ancho de banda. Esto implicaba, *switches* y *routers* adicionales, lo cual resultaba muy caro. Además de que, si el tráfico de cada interfaz de 10 Gbps debía ser encaminado sobre una única fibra óptica, también se requerían equipos de multiplexación por división de longitud de onda ligera (CWDM, *coarse wavelength division multiplexing*) o DWDM adicionales. En caso de que se utilizaran varias fibras, la eficiencia disminuye debido al balance continuo de paquetes sobre las diferentes interfaces. La conclusión a todos estos inconvenientes era la necesidad de una interfaz Ethernet de mayor velocidad.

En 2006, la velocidad nominal establecida por los más recientes estándares era de 10 Gbps. Sin embargo, el grupo *Higher Speed Study Group* (HSSG) formado por el grupo de trabajo del estándar IEEE 802.3¹⁰², determinó que era necesaria una velocidad más rápida. Cuatro años más tarde, en 2010, fue aprobado el estándar IEEE 802.3ba. Este estándar establece el uso de dos velocidades: 40 Gigabit Ethernet (40 GE), que estaría destinada para redes de almacenamiento, conectividad de servidores y *clúster* de computación de alto rendimiento; y 100 Gigabit Ethernet (100 GE), que sería empleada en las redes de agregación en centros de datos, redes metropolitanas y troncales de operadores y empresas.

El reto más importante de la nueva generación Ethernet eran los 100 Gbps; velocidad que hasta ese momento no existía. Los 40 Gbps era una velocidad que ya existía en el mercado, aunque no sobre Ethernet.

Los principales objetivos que impulsaron el desarrollo del estándar IEEE 802.3ba son los siguientes:

- Soportar únicamente del modo funcionamiento full-dúplex
- Soportar un BER igual o menor a 10^{-12} en la interfaz de capa física/MAC
- Proporcionar soporte apropiado para la red de transporte óptico (OTN, *optical transport network*)

¹⁰² Primer estándar IEEE de redes basadas en Ethernet.

- Soportar velocidad de control de acceso al medio (MAC, *medium access control*) de 40 Gbps
- Proporcionar las especificaciones de la capa física que soporten 40 Gbps en:
 - ◆ Al menos, 10 km utilizando SMF
 - ◆ Al menos, 100 m utilizando MMF OM3¹⁰³
 - ◆ Al menos, 7 m utilizando ensamblaje de cable de cobre
 - ◆ Al menos, 1 m utilizando backplane
- Soportar velocidad de control de acceso al medio de 100 Gbps
- Proporcionar las especificaciones de la capa física que soporten 100 Gbps en:
 - ◆ Al menos, 40 km utilizando SMF
 - ◆ Al menos, 10 km utilizando SMF
 - ◆ Al menos, 100 m utilizando MMF OM3
 - ◆ Al menos, 7 m utilizando ensamblaje de cable de cobre

Tabla 15. Resumen de las especificaciones de la capa física establecidas por el estándar IEEE 802.3ba

Medio físico	40 Gigabit Ethernet	100 Gigabit Ethernet
Backplane 1m	✓	
Cobre 7m	✓	✓
MMF OM3 100 m	✓	✓
SMF 10 km	✓	✓
SMF 40 km		✓

Fuente: Ethernet Alliance

El motivo para especificar dos velocidades, con sus correspondientes interfaces físicas, es proveer de mayor eficiencia en el rendimiento y reducir los costos de distintas aplicaciones, pues al utilizar mayor velocidad, los equipos son más caros y su consumo de energía es alto.

Como hemos visto, el estándar IEEE 802.3ba define diferentes especificaciones de la capa física, las cuales son establecidas en las especificaciones de la subcapa dependiente del medio físico (PMD, *physical media dependent*) de acuerdo al tipo de aplicación. En la siguiente tabla se resumen las especificaciones PMD:

¹⁰³ Categoría de acuerdo a la clasificación de fibras ópticas multimodo establecida por el estándar ISO/IEC 11801. La categoría OM3 corresponde a MMF con diámetro de núcleo de 50 µm y ancho de banda modal mínimo de 1500 y 500 Mhz*Km para las longitudes de onda de 850 nm y 1300 nm, respectivamente.

Tabla 16. Resumen de las especificaciones subcapa PMD

Medio físico	40 Gigabit Ethernet	100 Gigabit Ethernet
Backplane 1m	40GBASE-KR4	
	Velocidad efectiva de 10 Gbps en cada línea de transmisión. Soporta 40GE sobre cuatro diferentes pares en cada dirección.	
Cobre 7m	40GBASE-CR4	100GBASE-CR10
	Velocidad efectiva de 10 Gbps en cada línea de transmisión. Soporta 40GE sobre cuatro diferentes pares en cada dirección.	Velocidad efectiva de 10 Gbps en cada línea de transmisión. Soporta 100GE sobre diez diferentes pares en cada dirección.
MMF OM3 100 m	40GBASE-SR4	100GBASE-SR10
	Para transmisiones utilizando una longitud de onda de 850 nm	
	Emplea cuatro fibras paralelas en cada dirección. Cada una de ellas soporta 10 Gbps.	Emplea diez fibras paralelas en cada dirección. Cada una de ellas soporta 10 Gbps.
SMF 10 km	40GBASE-LR4	100GBASE-LR4
	Para transmisiones utilizando una longitud de onda de 1310 nm	
	Utiliza una fibra SMF en cada dirección. Emplea la multiplexación CWDM. La separación entre longitudes de onda está basada en la recomendación UIT-T G.694.2 ¹⁰⁴ , utilizando $\lambda=1270, 1290, 1310$ y 1330 nm. Cada λ soporta 10 Gbps.	Utiliza una fibra SMF en cada dirección. Emplea la multiplexación DWDM. La separación entre longitudes de onda está basada en la recomendación UIT-T G.694.1 ¹⁰⁵ , utilizando $\lambda=1295, 1300, 1305$ y 1310 nm. Cada λ soporta 25 Gbps.
SMF 40 km		100GBASE-ER4
		Transmisiones utilizando 1310 nm como longitud de onda. Emplea la multiplexación WDM. La separación entre longitudes de onda está basada en la recomendación UIT-T G.694.1, utilizando $\lambda=1295, 1300, 1305$ y 1310 nm. Cada λ soporta 25 Gbps.

¹⁰⁴ UIT-T G.694.2: Planes espectrales para las aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: Plan de multiplexación por división aproximada de longitud de onda.

¹⁰⁵ UIT-T G. 694.1: 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.

4.2.1 Ethernet de 100 Gbps sobre redes ópticas DWDM

El protocolo Ethernet para ser usado en redes con tecnología DWDM, es soportado por redes ópticas de transporte, las cuales surgieron como una tecnología de transporte de nueva generación, destinada para redes de fibra óptica regionales que manejen gran capacidad de tráfico. Las redes ópticas de transporte utilizan la jerarquía de transporte óptico (*OTH, optical transport hierarchy*), la cual combina la multiplexación eléctrica y óptica. El dominio eléctrico está estructurado en una jerarquía idéntica a la empleada para SDH/SONET. El dominio óptico está basado en la tecnología DWDM y con métodos para gestionar la red. De este modo, las OTNs compaginan las ventajas de SDH con el aumento en la capacidad de ancho de banda soportado de DWDM.

Existe una creciente demanda por servicios de banda ancha y alta capacidad transparente, para proveer servicios a múltiples clientes a través de una misma infraestructura de red. Estos servicios no pueden ser provistos por las tecnologías DWDM y SDH en una forma eficiente. Por esta razón, la UIT desarrolló las redes ópticas de transporte, basadas en conceptos de administración y mantenimiento probados en SDH, pero posibilitando la transmisión de varias redes y servicios sobre una infraestructura en común. Mientras que el protocolo SDH/SONET fue diseñado para manejar transmisiones de una única longitud de onda, las OTNs están diseñadas para manejar transmisiones de múltiples longitudes sobre una única fibra para conseguir capacidades de transmisión mayores.

Además de SDH/SONET y Ethernet, las OTNs son capaces de soportar protocolos tales como IP, video y protocolos de almacenamiento (ver Figura 23).

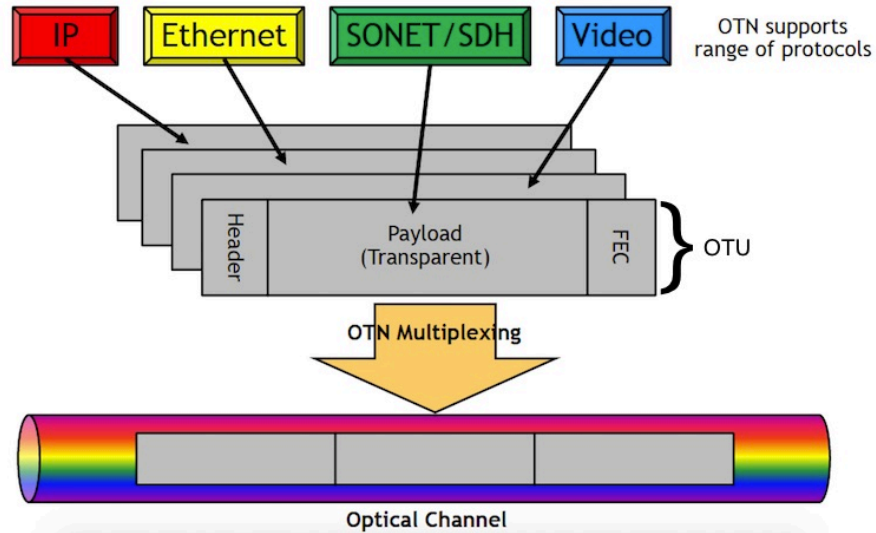


Figura 23. Soporte de diversos protocolos a través de OTN
Fuente: Alcatel-Lucent.

Cada señal a transportar dentro de una OTN con tecnología DWDM, debe someterse a una serie de encapsulaciones de cabecera, con el fin de acondicionar la señal a la OTN y asegurar su supervisión durante la transmisión. La adición de cabeceras facilita también el uso de la corrección de errores en la recepción de la señal y la gestión de cada canal óptico.

Según la recomendación UIT-T G.872¹⁰⁶, una OTN se compone básicamente de tres secciones:

- **Canal óptico (OCh, *optical channel*)**

Conexión óptica entre dos usuarios. Un canal óptico se divide en las siguientes capas de red:

- ◆ Unidad óptica de datos (ODU, *optical data unit*): Estructura de información que se encarga de la adaptación de la señal del cliente y consta de una unidad óptica de carga útil (OPU, *optical payload unit*) y una cabecera (OH, *overhead*). La OPU es la unidad de trama básica de una OTN y está compuesta por la señal del cliente más una cabecera. La UIT-T en la recomendación G.709 define las velocidades nominales de cada ODU k ($k=1, 2, 3, 4$).
- ◆ Unidad de transporte óptico (OTU, *optical transport unit*): Es el nivel más alto de multiplexación en la OTN, acondiciona la ODU para su transporte dentro de ella. Una OTU consiste en la unidad óptica de datos y una cabecera para la gestión de la conexión al canal óptico. Además de una sección de corrección de errores hacia adelante (FEC, *forward error*

¹⁰⁶ UIT-T G.872: Arquitectura de las redes ópticas de transporte.

correction). Las velocidades nominales de cada OTU k ($k=1, 2, 3, 4$) también son definidas en la recomendación UIT-T G.709.

- **Sección de multiplexación óptica (OMS, *optical multiplex section*)**

Sección entre un multiplexor y un demultiplexor óptico.

- **Sección de transporte óptico (OTS, *optical transport section*)**

Tramo entre dos puntos de acceso sobre el que la señal multiplexada se transmite.

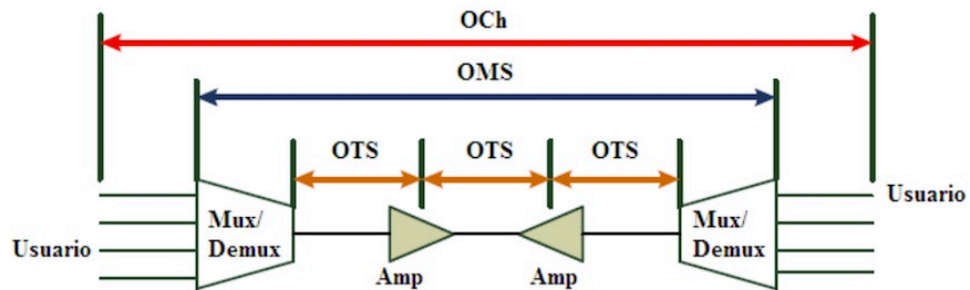


Figura 24. Estructura de una OTN

Fuente: Vásquez, D., "Estudio de redes de transporte óptico (OTN), como plataforma para redes multiservicio."

La encapsulación de una señal Ethernet (o proveniente de cualquier otro protocolo), comienza con la adición de una cabecera a dicha señal, con lo que se conforma una OPU. Gracias a la cabecera incorporada, la velocidad de la señal Ethernet es ajustada a la velocidad establecida por la UIT-T para la OPU. Una vez adaptada la señal Ethernet, es agregada a la OPU una cabecera para asegurar la supervisión y monitoreo de extremo a extremo durante la transmisión, conformando así, una ODU. Posteriormente, a la ODU es añadida una cabecera y una sección de corrección de errores, formando así, una OTU. Cada OTU k es transportada en un canal óptico, al cual es asignada una longitud de onda específica de acuerdo a la recomendación UIT-T G.694.1, que establece para sistemas DWDM las longitudes a utilizar conforme a la separación entre canales (ver Figura 25).

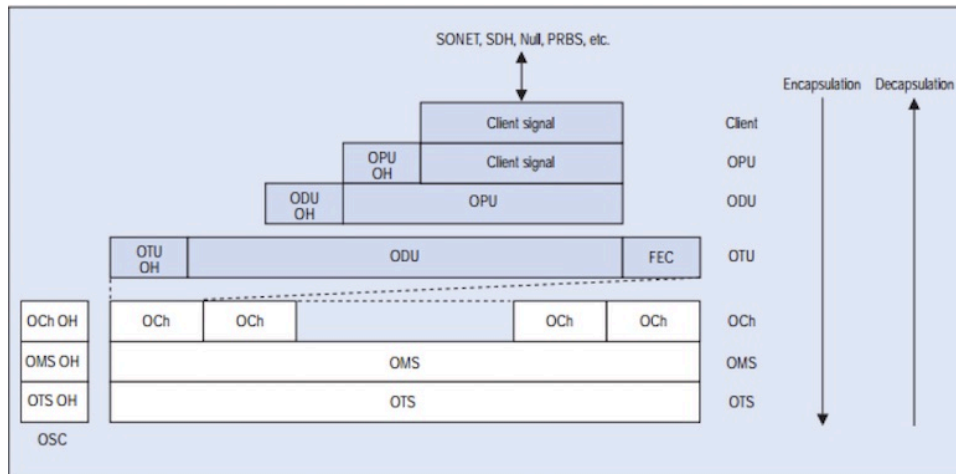


Figura 25. Encapsulamiento de una señal en una OTN
 Fuente: Pérez, W., "Optical transport network". IEEE.

En lo que respecta a las secciones OCh, OMS y OTS, cada una de ellas tiene su propia cabecera para propósitos de gestión en el nivel óptico. Las cabeceras de estas secciones ópticas son transportadas fuera de la red descrita por la UIT, sobre un canal llamado canal óptico de supervisión (OSC, *optical supervisory channel*).

Las velocidades nominales de las señales OTU_k, ODU_k, y OPU_k definidas por la UIT-T se exponen en la Tabla 17:

Tabla 17. Velocidades OPU_k, ODU_k y OTU_k

<i>k</i>	OPU (Gbps)	ODU (Gbps)	OTU (Gbps)	Velocidad en el mercado (Gbps)
1	2.488	2.498	2.666	2.5
2	9.995	10.031	10.709	10
3	40.150	40.319	43.018	40
4	104.355	104.794	111.809	100

Son la OTU3 y OTU4 las que podrán ser utilizadas para transportar señales Ethernet. La OTU3 podrá transportar una señal 40 GE, mientras que la OTU4 podrá transportar una señal 100 GE o nueve señales 10 GE.

OTN es una tecnología que ofrece funcionalidades capaces de proporcionar transporte, multiplexación, enrutamiento, gestión de la red para proveer múltiples servicios. Las ventajas más importantes que ofrecen las redes ópticas de transporte se enlistan a continuación:

- Ofrece canales ópticos unidireccionales o bidireccionales transparentes al formato y a la velocidad de la señal cliente que transportan, lo que permite crear una plataforma multicliente (Ethernet, IP, ATM, SDH/SONET, PDH, etc.) donde cada cliente puede operar con una velocidad independiente de las demás.
- Disminuye los costos de red al reducir el número de regeneradores, esto gracias a la corrección de errores que es agregada en la OTU.
- Los servicios que ofrece una OTN son totalmente programables por software a través de una sola tarjeta de línea, de forma que los protocolos, la conectividad y funcionalidad se pueden reprogramar de forma remota a medida que cambian los servicios o clientes.

Los desafíos, en particular, para conseguir 100GE sobre OTNs con tecnología DWDM eran muchos, como, por ejemplo: el control de la potencia y la disipación de calor, la disponibilidad de chips más rápidos dentro de los equipos, el control de la dispersión PMD y cromática, la cual afecta a mayores velocidades.

Es importante mencionar que las señales a 100 Gbps son más susceptible a problemas durante su transmisión y que tanto la calidad de la fibra, como el diseño del enlace, deben cubrir rigurosos requisitos.

4.3 Li-Fi

Uno de los principales problemas que enfrentan las comunicaciones inalámbricas actualmente, es el crecimiento exponencial del tráfico de datos móviles en las últimas dos décadas. Este ha conducido al despliegue masivo de sistemas de comunicación inalámbrica, por lo que el espectro radioeléctrico se encuentra cada vez más saturado, lo cual impide lidiar con la demanda de transmisiones inalámbricas de datos. Otra de las limitantes de estos sistemas es la eficiencia de las antenas de transmisión o estaciones base, la cual es tan solo del 5% puesto que se consume mucha energía para el enfriamiento de las estaciones y la mínima para la transmisión de señales. La seguridad de las comunicaciones inalámbricas es otra de sus vulnerabilidades. Al atravesar paredes, las ondas de radio son susceptibles a ser interceptadas y que, como consecuencia, se haga un mal uso de la red.¹⁰⁷

¹⁰⁷ Haas, H. (2011). *Harald Haas: datos inalámbricos en cada foco incandescente*. [Archivo de video]. EUA: TED. Obtenido en octubre 14, 2016 de la página: https://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb?language=es

El investigador alemán Harald Haas de la Universidad de Edimburgo, propuso el uso del espectro de luz visible para la comunicación inalámbrica, al proporcionar 10,000 veces más capacidad que el espectro radioeléctrico.¹⁰⁸ La tecnología que Haas propone es llamada Li-Fi (Light Fidelity), cuyo funcionamiento básico consiste en la transmisión de datos a partir de la iluminación de focos basados en diodos emisores de luz (LEDs, *light-emitting diodes*). Es decir, tiene dos funciones: iluminación y transmisión de información.

Haas afirma que ya se cuenta con la infraestructura para hacer posible la transmisión a través de luz. Únicamente es necesario reemplazar los focos incandescentes con los que se cuenta por focos LED. Los LEDs son dispositivos electrónicos cuya intensidad puede ser modulada a altas velocidades, de tal forma que los cambios en la intensidad son imperceptibles ante el ojo humano.¹⁰⁹

El prototipo desarrollado y presentado por Harald Haas en julio del 2011, dentro de su conferencia para la organización *Technology, Entertainment, Design* (TED), consiste en un codificador que transforma la señal de información en variaciones de intensidad de la luz. En sus dispositivos, el usuario contará con un receptor que detectará los cambios de intensidad de la luz y los convertirá en una señal eléctrica. El receptor ignorará la luz constante del ambiente o la proveniente de otras fuentes artificiales ya que únicamente le interesan los sutiles cambios de la luz procedente del foco LED.¹¹⁰

La idea esencial es que cuando el LED este en *on* se transmita un “1”, y cuando el LED este en *off* se transmita un “0”.¹¹¹ Para llevar a cabo la transmisión, es necesario mantener la luz encendida, no obstante, la luz puede ser atenuada a tal nivel que pareciera estar apagada y seguir enviando información.¹¹²

¹⁰⁸ *Ibidem* 107.

¹⁰⁹ *Ibidem* 107.

¹¹⁰ *Ibidem* 107.

¹¹¹ Rani, J., Chauhan, P. & Tripathi, R. (2012). *Li-Fi (Light Fidelity)-The future technology In Wireless communication*. India: International Journal of Applied Engineering Research. Obtenido en octubre 20, 2016 de la página: <http://caidat.org/m4atomp3/4351457000735028.pdf>

¹¹² *Ibidem* 107.

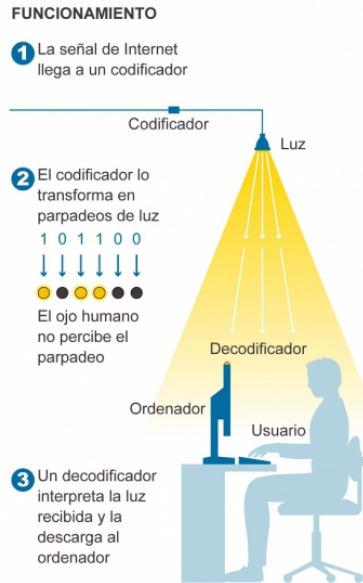


Figura 26. Funcionamiento básico de Li-Fi

Fuente: Periódico “El País”

El prototipo envía miles de flujos de datos en paralelo a altas velocidades, lo cual se logra utilizando un arreglo de LEDs o usando LEDs RGB (*red-green-blue*) para alterar la frecuencia de la luz, ya que cada color trabaja a una frecuencia diferente.

Las ventajas que ofrece Li-Fi, principalmente sobre Wi-Fi, es la capacidad atender a muchos más usuarios; gracias a que el espectro visible ofrece mucha mayor capacidad que el espectro radioeléctrico. Otra de sus ventajas es su eficiencia, la mayor parte de la energía que consumen los focos LED se transforma en luz y no en calor.¹¹³

La seguridad es otra de las características más relevantes de Li-Fi. La luz no puede atravesar paredes, así que los datos transmitidos dentro de una habitación no podrán ser interceptados del otro lado del muro.¹¹⁴ Además de que se evitan interferencias, como sucede al utilizar el espectro electromagnético.

Li-Fi puede ser usado en lugares como plantas petroquímicas, hospitales y aviones, donde Wi-Fi no está disponible. Incluso, lámparas de alumbrado público podrían ser puntos de acceso gratuitos.¹¹⁵

¹¹³ *Ibidem* 107.

¹¹⁴ *Ibidem* 107.

¹¹⁵ *Ibidem* 107.

En los últimos diez años, Li-Fi ha sido objeto de estudio de muchos investigadores en materia de comunicación por luz visible (VCL, *visible light communication*). Recientemente, bajo condiciones de laboratorio, se han registrado velocidades de transmisión de poco más de 1 Gbps empleando LEDs comerciales de luz blanca con cubierta de fósforo y de 3.4 Gbps usando LEDs RGB comerciales.¹¹⁶

En octubre de 2011, la compañía Fraunhofer IPMS, Supreme Architecture, IBSENtelecom y TriLumia formaron el *Li-Fi Consortium* para promover el desarrollo comercial de los sistemas ópticos inalámbricos de alta velocidad. Para esto, se invita a expertos, empresas y usuarios con el objeto de discutir las necesidades de normalización. El consorcio cree que es posible conseguir velocidades de transmisión de más de 10 Gbps.¹¹⁷

¹¹⁶ Tsonev, D., Videv, S. & Haas, H. (2014). Light Fidelity (Li-Fi): Towards All-Optical Networking. Reino Unido: Universidad de Edimburgo. Obtenido en octubre 10, 2016 de la página:

<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/pbidi.unam.mx:8080/pdfaccess.ashx?ResourceID=6420963&PDFSource=24>

¹¹⁷ Li-Fi (2016). *Li-Fi Consortium*. Holanda: Li-Fi. Obtenido en octubre 18, 2016 de la página: <https://www.lifi.nl/li-fi-consortium/>

Este capítulo permitió abordar los recursos tecnológicos con los que actualmente cuenta la industria de las telecomunicaciones en el área de la fibra óptica. Hablamos de tecnologías con las que estamos en contacto como ingenieros, pero también como usuarios.

El campo de la óptica aplicado a las telecomunicaciones ha revolucionado la forma en la que accedemos a diversos contenidos multimedia y al servicio de telefonía fija. Hemos visto que gracias a la implementación de redes PON, las ventajas de la fibra óptica están al alcance del usuario; mejorando así la experiencia que este experimenta cuando navega por Internet, ve la televisión o habla por teléfono.

La importancia del medio óptico ha crecido tanto los últimos años, que se ha buscado que los estándares también sean compatibles con fibra óptica y dejen de ser exclusivos de la transmisión sobre cobre. Este es el caso de Ethernet, estándar que ha evolucionado para ser utilizado en redes de fibra óptica; fusionando así las ventajas técnicas de ambos.

Con miras en el futuro, estudiamos un nuevo modo de acceso llamado Li-Fi, que si bien no utiliza al medio óptico, sí usa la luz para la transmisión de datos gracias a las velocidades de transmisión que pueden ser alcanzadas con ella. Li-Fi es un recurso que ha demostrado ser una solución de acceso inalámbrico viable, siendo complemento de la tecnología Wi-Fi y pudiendo, eventualmente, llegar a sustituirla.

Las tecnologías ópticas estudiadas en este capítulo, a excepción de Li-Fi, ya están siendo comercializadas por proveedores de telecomunicaciones en todo el mundo. Por esta razón, en el siguiente capítulo ahondaremos en el mercado de las comunicaciones ópticas en México y el mundo; revisando los servicios que los proveedores más importantes a nivel nacional e internacional ofrecen a los usuarios a través de sus redes de fibra óptica.

Capítulo 5. El mercado de las telecomunicaciones ópticas en México y el mundo

Este octavo capítulo tiene la particularidad de mostrar el comportamiento a nivel internacional que tiene la comercialización de las tecnologías vistas en el capítulo anterior.

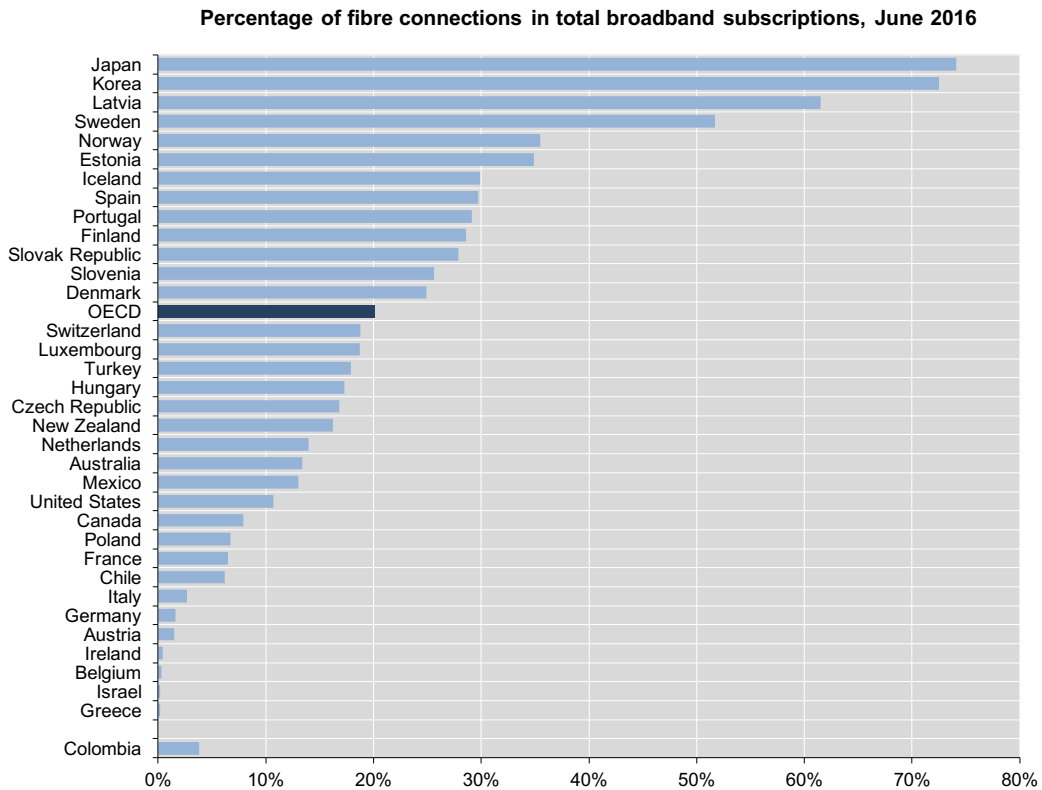
En este capítulo abordaremos la situación de México, Japón, Francia, Suecia, Australia y Uruguay en materia de banda ancha fija empleando fibra óptica como medio de transmisión, número de suscriptores y propuestas comerciales de los principales proveedores en México y de los operadores líderes del mercado de banda ancha fija en los países mencionados.

La información obtenida de los proveedores nacionales e internacionales posibilitará comparar aspectos importantes como la penetración de los servicios vía fibra óptica, las velocidades ofertadas a los usuarios y los precios.

Para la exposición de este capítulo, buscamos acceder a estadísticas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones sobre conexiones de banda ancha mediante fibra óptica en los países miembros; sin embargo, no fue posible debido a que, de manera gratuita, sólo estaban disponibles estadísticas sobre suscripciones fijas de banda ancha en general, sin especificar el medio de transmisión. En contraste, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, pone a disposición de cualquier persona interesada, estadísticas acerca del porcentaje de suscripciones de banda ancha fija a través de fibra óptica y del crecimiento anual que se ha observado de dichas suscripciones en los países que conforman la organización. Por ello, y por la importancia de la organización como promotora de políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo, es que el desarrollo del presente capítulo se basará en las estadísticas publicadas por la OCDE.

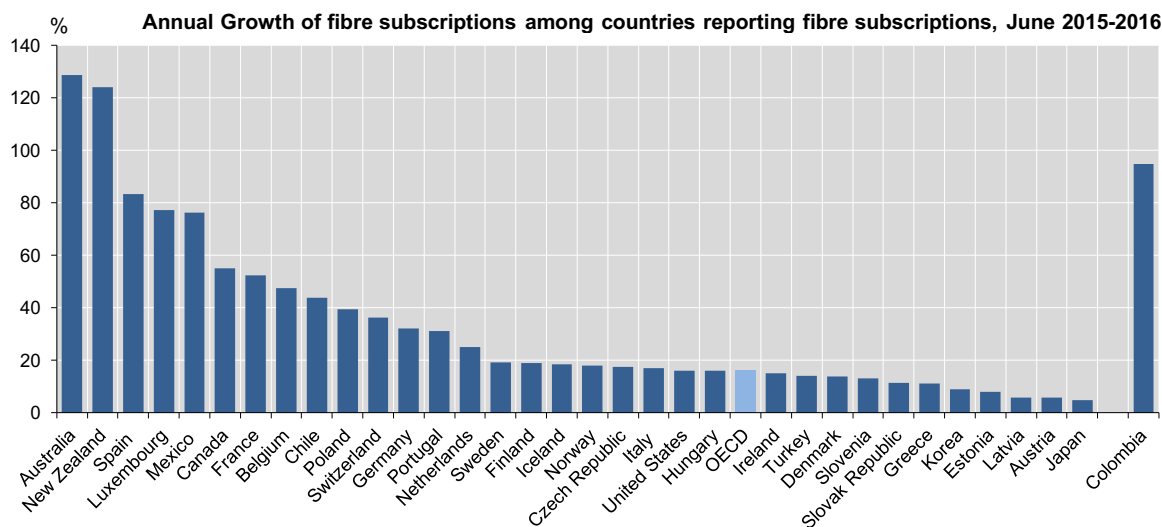
A continuación, se muestran las dos gráficas de la OCDE donde se pueden observar las estadísticas de las que hablábamos (ver Gráfica 1 y Gráfica 2).

En tales gráficas podemos ver que, de los cinco países mencionados al inicio –además de México-, cuyos mercados de servicios fijos de banda ancha a través de fibra serán analizados, sólo Uruguay no es miembro de la organización. Para el estudio del mercado uruguayo, se utilizarán datos de la UIT, a través de la Comisión sobre Banda Ancha para el Desarrollo Digital, sobre el número de suscripciones de banda ancha que hay en dicho país.



Gráfica 1. Porcentaje de conexiones vía fibra óptica del total de suscripciones de banda ancha en países miembros de la OCDE

Fuente: OCDE.



Gráfica 2. Crecimiento anual de suscripciones vía fibra óptica de los países miembros de la OCDE
Fuente: OCDE.

5.1 Mercado nacional

El mercado de la fibra óptica en México se encuentra en una etapa temprana, si se compara con otras regiones que ya cuentan con un mercado sólido. Hasta junio de 2016, en México del total de usuarios con acceso a servicios fijos de banda ancha, el 13%¹¹⁸ lo hacía a través de arquitecturas FTTH, FTTP y FTTB. Además, de junio de 2015 a junio de 2016, se reportó un crecimiento del 76.31%¹¹⁹ en suscripciones vía fibra óptica.

De acuerdo al último informe estadístico del IFT, correspondiente al tercer trimestre de 2016, la penetración de banda ancha fija en México era de 47 suscripciones por cada 100 hogares. En cifras más exactas, habían 15.7 millones¹²⁰ de suscripciones a servicios fijos de banda ancha, de las cuales el 14.3%¹²¹ eran provistas mediante fibra óptica (ver Figura 27 y Figura 28).

¹¹⁸ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2016). *Percentage of fibre connections in total broadband*. Obtenido en diciembre 05, 2016 de la página: http://www.oecd.org/sti/broadband/1_10-PctFibreToTotalBroadband-2016-06.xls

¹¹⁹ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2016). *Growth of fibre subscriptions*. Obtenido en diciembre 05, 2016 de la página: http://www.oecd.org/sti/broadband/1_11-FibreGrowth-2016-06.xls

¹²⁰ Instituto Federal de Telecomunicaciones (2016). *Tercer Informe Trimestral Estadístico 2016*. p. 26. México: IFT. Obtenido en enero 12, 2017 de la página:

<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/estadisticas/3ite16accvf.pdf>

¹²¹ *Ibidem* 120, p. 28.

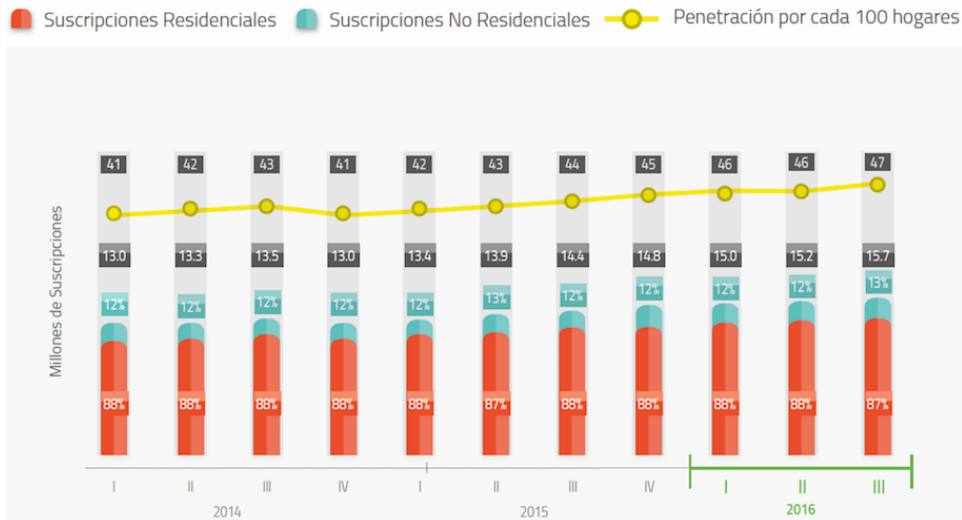


Figura 27. Suscripciones a banda ancha fija en México hasta septiembre de 2016
Fuente: IFT.

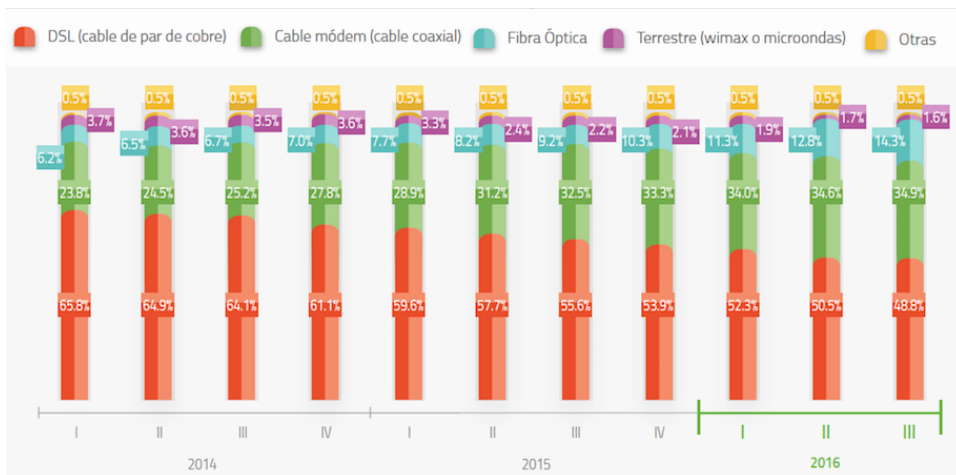


Figura 28. Evolución de las diferentes tecnologías de acceso en los últimos años
Fuente: IFT.

Asimismo, el documento señala que la Ciudad de México fue la Entidad Federativa con mayor penetración de banda ancha fija en los hogares, contando con 76 suscripciones por cada 100 hogares, mientras que Chiapas con 13 suscripciones por cada 100 hogares fue el Estado con la penetración más baja.¹²²

Los principales operadores de telecomunicaciones que ofrecen servicios de banda ancha fija a través de fibra óptica son: TELMEX, Axtel, TotalPlay, Izzi, Cablemás, Megacable y Maxcom. En la

¹²² *Ibidem* 120, p. 29.

Figura 29 se observa la distribución del mercado de banda ancha fija hasta el tercer trimestre del 2016.

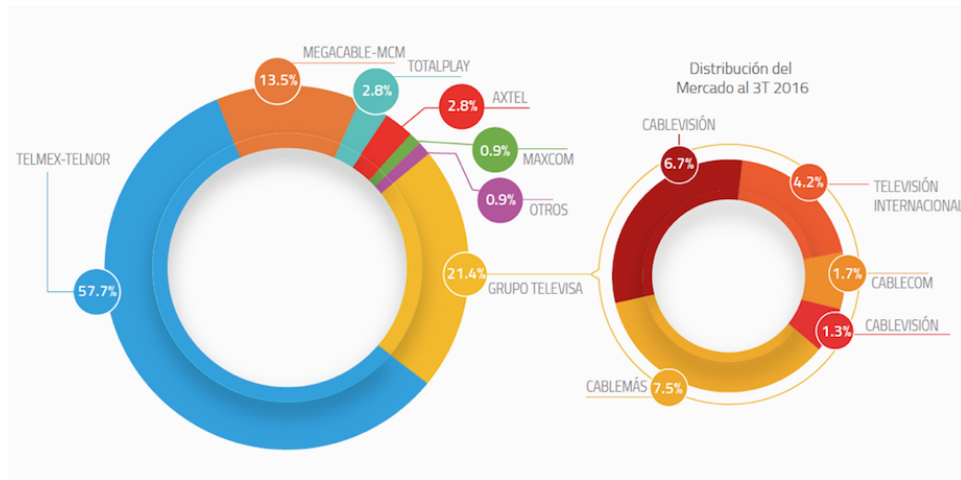


Figura 29. Distribución del mercado de banda ancha fija hasta septiembre de 2016
Fuente: IFT.

Ni en anuarios ni en documentos estadísticos del Instituto Federal de Telecomunicaciones se señala el número de suscriptores de banda ancha fija vía fibra óptica por operadores de telecomunicaciones; sin embargo, fue posible obtener dicha información gracias a la Plataforma Nacional de Transparencia. A través de dicho recurso, el IFT proporcionó los datos de la Tabla 18.

Tabla 18. Número de suscriptores de banda ancha a través de fibra óptica por operador

Operador	Suscriptores de banda ancha vía fibra óptica hasta septiembre de 2016
TELMEX-Telnor	1,555,061
Megacable	1,161
izzi	4,266
Axtel-Alestra	240,061
TotalPlay	433,479
IP Matrix	1,050
Marcatel	123
Maxcom	Sin información
Total	2,235,201

Con los datos que se muestran en la Tabla 18, se pudo construir el gráfico de la Figura 30.

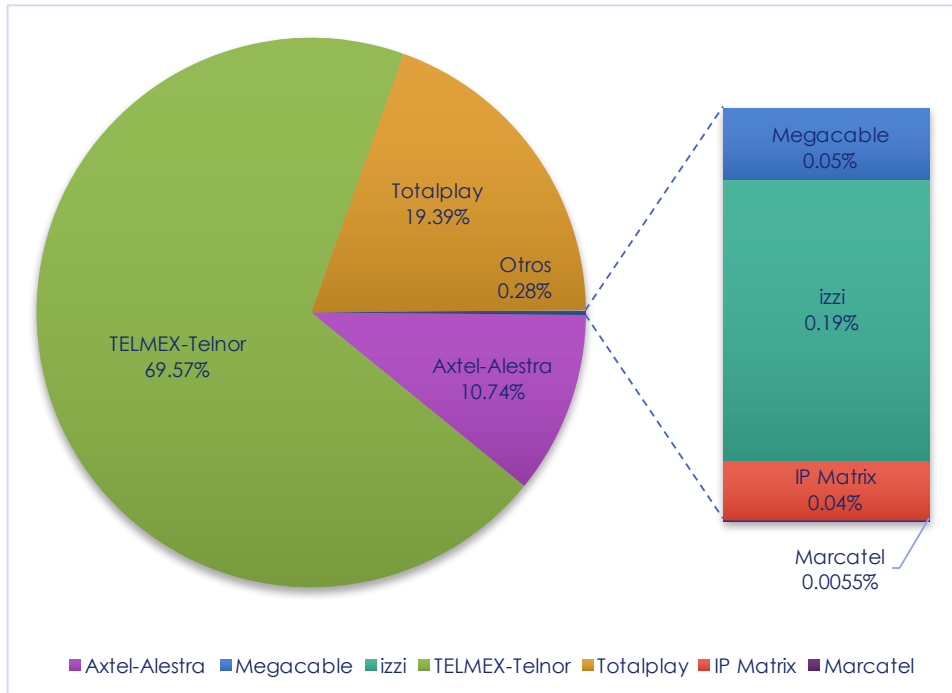


Figura 30. Distribución por operador del número de abonados de banda ancha vía fibra óptica hasta septiembre de 2016

En México existen dos grandes tendidos de fibra óptica a nivel nacional. El primero de ellos, es la red perteneciente a la paraestatal Comisión Federal de Electricidad. La red de la CFE cuenta con más de 25,000 km¹²³ de fibra óptica instalada en los hilos de guarda de las torres de transmisión eléctrica de alta tensión y distribución. El segundo pertenece a la empresa de telecomunicaciones TELMEX. Será en el subtema 5.1.1 donde se hable de esta infraestructura.

Como se dijo en el capítulo “Antecedentes de las comunicaciones ópticas en México y el mundo”, Grupo Televisa, Telefónica y Megacable forman al consorcio ganador de la licitación por 20 años de un par de los hilos excedentes de fibra óptica en la red de alta tensión de CFE. Las tres empresas pueden utilizar su porción de capacidad para fines propios o venderla a otras partes. La empresa a la cual se le venda, también puede vender capacidad, pero debe ser proveedora de una empresa de telecomunicaciones; no puede vender directamente a los usuarios finales.

Según el documento “Estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en México”, la licitación de la fibra excedente fue un importante avance hacia el aumento de

¹²³ Telecomm (2017). *Red Troncal*. México: Telecomm. Obtenido en febrero 15, 2017 de la página: <http://www.telecomm.gob.mx/rtroncal/>

competencia en los mercados de comunicaciones, a pesar de que la red de la CFE sólo llega a 50% de la población. Califica como desafortunado que la CFE no pusieran a disposición más fibra oscura y que, al ponerla, no se tomara en cuenta que algunas empresas habían mostrado interés en la asignación subregional de la misma.¹²⁴

En ese mismo estudio, la OCDE manifiesta que el excedente de capacidad de reserva en la red de fibra óptica de CFE significa que es posible desarrollar mayor competencia mediante una licitación posterior bien diseñada. De acuerdo a la OCDE, es esencial que se pongan a disposición más conductores de fibra antes de que el consorcio GTAC consolide su posición en el mercado, para así evitar el desarrollo de un duopolio que dificultaría la futura entrada al mercado.¹²⁵

Otro de los proyectos que contempla el uso de la fibra óptica sobrante de la Comisión Federal de Electricidad, es la Red Compartida. El 17 de noviembre de 2016 se conoció el fallo de las Secretaría de Comunicaciones y Transportes sobre la adjudicación de la Red Compartida de Telecomunicaciones al consorcio Altán, compuesto por nueve agentes económicos que van desde el banco internacional Morgan Stanley hasta fondos de inversión, como China Mexico Found Investment y una red de sociedades establecidas en paraísos fiscales y de fideicomisos de pensiones y de accionistas bursátiles.

El ganador de la Red Compartida para servicios mayoristas de telecomunicaciones móviles dispondrá de 90 MHz de la banda de 700 MHz que serán aportados por el gobierno mexicano en una Asociación Público-Privada y de un par de hilos de fibra óptica de la CFE.

Axtel y Megacable son las únicas empresas de telecomunicaciones mexicanas que participaran en el consorcio, teniendo cada una el 4.01% de las acciones. Ambas empresas aportarán la experiencia tecnológica, pero, serán los fondos como Morgan Stanley, quienes tomen las decisiones y contribuyan con los recursos económicos para el despliegue de la red.

El proyecto costaría más de 7,000 millones de dólares y tomará al menos 8 años en completarse. Consiste en la instalación de infraestructura común que servirá para ofrecer servicios

¹²⁴ *Ibidem* 48, p. 110.

¹²⁵ *Ibidem* 48, p. 79.

mayoristas de voz y datos que podrá ser usada por operadores de redes móviles, operadores de redes fijas u operadores móviles virtuales.

El titular de la SCT, Gerardo Ruiz Esparza, ha destacado la posibilidad de que la Red Compartida cumpla con el propósito de eliminar la brecha digital y darle el acceso a 46% de la población nacional que no tiene acceso a servicios de telecomunicaciones.¹²⁶

En entrevista para la revista “Proceso”, la experta en telecomunicaciones Clara Luz Álvarez se dice “escéptica” frente al futuro de la Red Compartida, ya que el peor de los escenarios es que acabe enfocándose en las grandes ciudades y sigan sin servicio las zonas marginadas.¹²⁷

Altán tiene como plazo hasta el 31 de marzo de 2018 para iniciar operaciones comerciales, teniendo una cobertura no menor del 30% de la población. Para 2021 cubrirá el 50% del territorio nacional y para 2025 deberá tener cobertura en el 92.2% del territorio.¹²⁸

A continuación, se examinará la oferta de los operadores más importantes del mercado mexicano de servicios fijos de banda ancha a través de fibra óptica de manera total o parcial:

5.1.1 TELMEX

Subsidiaria de América Móvil, TELMEX es la empresa proveedora de servicios fijos líder en México; teniendo presencia prácticamente en todo el territorio nacional. Ha realizado inversiones por más de 37 mil millones de dólares desde su privatización en 1990, para asegurar el crecimiento y la modernización de su infraestructura, desarrollando así una plataforma tecnológica 100% digital que opera una de las redes de fibra óptica más avanzadas a nivel mundial y que incluye conexiones vía cable submarino con 39 países.¹²⁹

¹²⁶ Jenaro Villamil (20 de noviembre de 2016). Aprueba la SCT una red que comparte múltiples riesgos e intereses económicos. *Proceso*. No. 2090. p. 32-34. México: Revista Proceso.

¹²⁷ *Ibíd*em 126.

¹²⁸ *Ibíd*em 126.

¹²⁹ TELMEX (2016). Acerca de TELMEX. *Misión*. México: TELMEX. Obtenido en diciembre 05, 2016 de la página: <http://TELMEX.com/web/acerca-de-TELMEX/mision>

En el reporte anual del 2014 presentado por América Móvil, se especifica que la red de cable de fibra óptica local y de larga distancia de TELMEX tiene una longitud superior a 200,000 km¹³⁰, enlazando a las principales ciudades del país y atravesando aproximadamente 20 millones de hogares. Además, la red de fibra óptica local y de larga distancia de TELMEX conecta a México con muchos países por medio de cableado submarino.

TELMEX comenzó a desplegar su red FTTH en marzo de 2011 cubriendo Yucatán Country Club, una zona residencial de altos ingresos en el país. Este lanzamiento representó una inversión de 37 millones de pesos. Sin embargo, fue hasta junio del mismo año que las operaciones comerciales iniciaron.¹³¹

De acuerdo con TELMEX, la red de cobre sería progresivamente sustituida por infraestructura basada en fibra óptica, aunque esto resultaría difícil de implementar por la cantidad de usuarios finales. TELMEX le dio y sigue dando la posibilidad a sus clientes de migrar del cobre a la fibra óptica, siempre y cuando se encuentre dentro de la zona de cobertura.¹³²

TELMEX ofrece servicios de telefonía fija, Internet de banda ancha bajo el nombre de Infinitum y paquetes donde se incluyen los servicios anteriores y un tercero llamado Claro video; una plataforma de suscripción y renta en línea de series, películas, documentales y conciertos.

En las siguientes tablas se resume la oferta comercial de TELMEX para hogares. La Tabla 19 se enfoca en el servicio llamado por TELMEX: Servicio Infinitum. La propia empresa indica que se puede comercializar bajo el concepto de Infinitum Puro, es decir, sin servicio de voz. La Tabla 20 está orientada a los paquetes Infinitum, donde se incluye telefonía e Internet:

Tabla 19. Planes Infinitum Puro para hogar

Nombre del paquete	Infinitum Puro			
	10 Mbps	20 Mbps	50 Mbps	100 Mbps

¹³⁰ América Móvil (2014). Reporte anual que presenta América Móvil, S.A.B. de C.V. (“América Móvil”, la “Emisora” o la “Compañía”) de acuerdo con las disposiciones de carácter general aplicables a las emisoras de valores y a otros participantes del mercado de valores, por el año terminado el 31 de diciembre de 2014. p. 26. México: América Móvil. Obtenido en diciembre 05, 2016 de la página: [http://www.americamovil.com/sites/default/files/2016-09/Reporte Anual CNBV 2014.pdf](http://www.americamovil.com/sites/default/files/2016-09/Reporte%20Anual%20CNBV%202014.pdf)

¹³¹ Ibídem 51, p. 14.

¹³² Ibídem 51, p. 14.

Velocidad de bajada (Hasta)	10 Mbps	20 Mbps	50 Mbps	100 Mbps
Velocidad de subida (Desde)	512 kbps	768 kbps		
Características	Incluye Claro video sin costo			
Tecnología ¹³³	ADSL/VDSL/FTTH	FTTH		
Precio mensual	\$349	\$499	\$649	\$899

Tabla 20. Paquetes *Infinitem* para hogar

Nombre del paquete	Infinitem 333	Paquete Conectes/Paquete Conectes Frontera	Paquete Acerques	Paquete TELMEX 999	Paquete 1499
Internet	5 Mbps	10 Mbps	20 Mbps	100 Mbps	200 Mbps
Telefonía	100 llamadas locales		Llamadas locales ilimitadas		
		200 llamadas a celular	Minutos a celular ilimitados		
	Minutos LADA internacional ilimitados				
	Minutos LADA mundial ilimitados				
Tecnología ¹³⁴	ADSL/FTTH				
Precio mensual	\$333	\$389	\$599	\$999	\$1,499

La oferta comercial de TELMEX se extiende a clientes que desean contratar sus servicios para negocios. Los planes que tiene la empresa para este tipo de clientes son dos: *Infinitem Puro Negocio* y *Paquetes Infinitem Negocio*. *Infinitem Puro Negocio* es el mismo concepto que *Infinitem Puro* para clientes residenciales; un plan únicamente de Internet.

En los paquetes *Infinitem Negocio*, TELMEX lleva más allá de las telecomunicaciones su propuesta comercial incursionando incluso en el ámbito de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). Estos paquetes no sólo incluyen telefonía e Internet, también incorporan protección para equipos de cómputo, respaldo de información y cuenta de correo para el negocio. Además, con costo adicional, incluyen la creación de una página web y almacenamiento en la Nube.

¹³³ La tecnología usada será FTTH siempre y cuando se encuentre disponible en la zona de residencia del cliente. De lo contrario, la empresa se lo comunicará al cliente y se utilizará la tecnología que sí esté disponible, ya sea ADSL o VDSL; según sea la velocidad requerida. Si la tecnología disponible no soporta la velocidad requerida por el cliente, la empresa le brindará otros beneficios para resarcir el inconveniente.

¹³⁴ La tecnología usada será FTTH siempre y cuando se encuentre disponible en la zona de residencia del cliente. De lo contrario, la empresa se lo comunicará al cliente y se utilizará la tecnología que sí esté disponible, ya sea ADSL o VDSL; según sea la velocidad requerida. Si la tecnología disponible no soporta la velocidad requerida por el cliente, la empresa le brindará otros beneficios para resarcir el inconveniente.

Las tablas que a continuación se presentan, sintetizan las características de los planes antes mencionados:

Tabla 21. Planes *Infinitem Puro Negocio*

<i>Infinitem Puro Negocio</i>			
Nombre del paquete	10 Mbps	20 Mbps	50 Mbps
Velocidad de bajada (Hasta)	10 Mbps	20 Mbps	50 Mbps
Velocidad de subida (Desde)	512 kbps	768 kbps	
Características	Incluye Claro video sin costo		
Tecnología ¹³⁵	ADSL		
	VDSL		
			FTTH
Precio mensual	\$399	\$549	\$899

Tabla 22. Paquetes *Infinitem Negocio*

Nombre del paquete	Paquete Conectes Negocio	Paquete Mi Negocio	Paquete Súper Negocio	Paquete Telmex Negocio sin Límites 1	Paquete Telmex Negocio sin Límites 2	Paquete Telmex Negocio sin Límites 3
Velocidad	10 Mbps	30 Mbps	50 Mbps	100 Mbps	150 Mbps	200 Mbps
Precio mensual	\$399	\$549	\$799	\$1,499	\$1,789	\$2,289
Tecnología ¹³⁶	ADSL/ VDSL/ FTTH	VDSL/FTTH				
Líneas telefónicas incluidas	1			2	4	6
Llamadas locales	100	Ilimitadas				
Minutos a celular, LADA internacional y LADA mundial	Ilimitadas					
Protección para un equipo contra virus, spyware, fraudes y robo de identidad	✓					

¹³⁵ La tecnología usada será FTTH siempre y cuando se encuentre disponible en la zona de residencia del cliente. De lo contrario, la empresa se lo comunicará al cliente y se utilizará la tecnología que sí esté disponible, ya sea ADSL o VDSL; según sea la velocidad requerida. Si la tecnología disponible no soporta la velocidad requerida por el cliente, la empresa le brindará otros beneficios para resarcir el inconveniente.

¹³⁶ La tecnología usada será FTTH siempre y cuando se encuentre disponible en la zona de residencia del cliente. De lo contrario, la empresa se lo comunicará al cliente y se utilizará la tecnología que sí esté disponible, ya sea ADSL o VDSL; según sea la velocidad requerida. Si la tecnología disponible no soporta la velocidad requerida por el cliente, la empresa le brindará otros beneficios para resarcir el inconveniente.

Respaldo en línea para un equipo				✓
Cuenta de correo con el nombre del negocio				✓
Página en internet con dominio propio	\$99*	\$79*	✓	
Factura electrónica básica	100 CFDIS			Aspel Facture
Almacenamiento de información en la Nube	1 Gb \$199*	2 Gb \$289*	4 Gb \$399*	4 Gb Sin costo
Sin costo: • Publicidad en Sección Amarilla • Claro Video • Crédito para equipar el negocio o liquidez				✓

Como puede observarse en las tablas anteriores, la oferta comercial de TELMEX se limita a telefonía fija, Internet y su servicio de *streaming* Claro Video. La razón por la que la compañía no puede ofrecer televisión en México es la declaración de agente preponderante en telecomunicaciones por parte del IFT en 2014 al grupo de interés económico del que forman parte TELMEX, Telnor, Telcel, América Móvil, Grupo Carso y Grupo Inbursa.

La declaratoria implica que a TELMEX sean impuestas medidas regulatorias especiales con la intención de equilibrar el mercado, puesto que, a perspectiva del IFT con estas acciones se generaría un ambiente con mayor participación y competencia de empresas en el mismo y con el propósito de que los usuarios reciban ofertas de servicios de mejor calidad, cobertura y precios. Una de las obligaciones impuestas a TELMEX, por su condición de agente económico preponderante en el sector de telecomunicaciones, es la apertura de su bucle local o también conocida como “última milla” de su red de fibra óptica o de hilos de cobre, además de la prestación de elementos de infraestructura a otros operadores.

De acuerdo al artículo 267 de la LFTyR, TELMEX en calidad de agente económico preponderante en el sector de telecomunicaciones deberá presentar al IFT una oferta de referencia a la que deben apegarse los operadores interesados en utilizar su “última milla”. Esta oferta, después de ser aprobada por el Instituto, deberá ser publicada dentro de los primeros quince días del mes de

diciembre de cada año y permanecerá vigente por el año siguiente. La oferta deberá ser actualizada en caso de que el agente económico preponderante ofrezca, aplique o facture a concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones nuevas condiciones, coberturas o tecnologías.¹³⁷

Son tres las modalidades en las que los competidores podrían hacer uso de la infraestructura de TELMEX desde la central telefónica hasta el hogar del usuario:

- Reventa de servicios: TELMEX seguirá entregando los servicios, sin embargo, será el otro proveedor quien atienda y facture a los clientes.
- Acceso indirecto al bucle local: El competidor interesado, solicitará a TELMEX el acceso a su infraestructura en puntos específicos de su red, ya sea a nivel local, regional o nacional.
- Servicio de desagregación: El competidor solicita acceso directo a la red de fibra óptica e instala los equipos necesarios para ofrecer sus servicios.

En la oferta vigente se manifiesta que las modalidades de *Infinitem* disponibles con las respectivas tarifas que TELMEX ofrece a los concesionarios solicitantes para el servicio de reventa son las siguientes (ver Tabla 23).

Tabla 23. Modalidades de *Infinitem* disponibles para la reventa

Servicio	Modalidad	Contraprestación mensual por usuario
Reventa <i>Infinitem Puro</i> para hogar	<i>Infinitem</i> 10 Mbps	\$202.6865
	<i>Infinitem</i> 20 Mbps	\$289.8015
	<i>Infinitem</i> 50 Mbps	\$376.9164
	<i>Infinitem</i> 100 Mbps	\$522.1102
Reventa <i>Infinitem Puro Negocio</i>	<i>Infinitem Negocio</i> 10 Mbps	\$231.7293
	<i>Infinitem Negocio</i> 20 Mbps	\$318.8415
	<i>Infinitem Negocio</i> 50 Mbps	\$522.1102

En lo que respecta a los paquetes *Infinitem* para hogares y negocios, los planes incluidos para la reventa se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24. Modalidades de paquetes *Infinitem* disponibles para la reventa

Servicio	Modalidad	Velocidad (Mbps)	Contraprestación mensual por usuario
----------	-----------	------------------	--------------------------------------

¹³⁷ *Ibidem* 80.

Reventa paquetes <i>Infinitem</i> para hogar	Infinitem 333	5	\$224.3284
	Paquete Conectes	10	\$257.1723
	Paquete Conectes Frontera	10	\$257.17235
	Paquete Acerques	20	\$385.5644
	Paquete Todo México Sin Límites	40	\$651.1403
	Paquete Infinitem 1499	200	\$1,014.9342
Reventa paquetes <i>Infinitem negocio</i>	Paquete Conectes Negocio	5	\$274.0927
	Paquete Mi Negocio	10	\$386.0336
	Paquete Super Negocio	20	\$545.0821
	Paquete Telmex Negocio Sin Límites 1	20	\$1 038.2734
	Paquete Telmex Negocio Sin Límites 2	20	\$1 257.9816
	Paquete Telmex Negocio Sin Límites 3	20	\$1 637.3239

Las tarifas asociadas al servicio de reventa de *Infinitem* y Paquetes *Infinitem* deben ser iguales o menores a las que aplica.

El servicio de acceso indirecto al bucle local es aquel mediante el cual TELMEX proporciona cierto ancho de banda entre el usuario final y un punto de interconexión con la red del concesionario solicitante, conectándose a la red pública de telecomunicaciones a través de una acometida de TELMEX. El servicio de acceso indirecto al bucle local será ofrecido por TELMEX de manera que permita al concesionario solicitante disponer del tráfico de datos originado por el usuario final, transportando este ya sea por cobre o fibra óptica hasta una central telefónica o instalación equivalente donde radican los equipos de acceso, realizando la conexión desde el distribuidor de fibra óptica de Telmex hasta la red del concesionario solicitante.¹³⁸

En cuanto a la desagregación del bucle local, el concesionario es responsable de la velocidad de acceso a Internet sobre la línea del usuario final, no obstante, la velocidad ofrecida dependerá de las condiciones físicas del bucle local de TELMEX.¹³⁹

¹³⁸ Instituto Federal de Telecomunicaciones (2016). *Oferta de Referencia para la Desagregación del Bucle Local (OREDA-Telmex)*. p. 104. México: IFT. Obtenido en enero 31, 2017 de la página:

http://www.ift.org.mx/sites/default/files/conocenos/pleno/sesiones/acuerdologia/piftext24111637anexos_1.pdf

¹³⁹ *Ibidem* 138, p. 159.

A los competidores lo que más les interesa es la red de fibra óptica, con la apertura podrán ofrecer servicios de telefonía, Internet de banda, servicios de video o *triple play*. Esto no sólo traería consigo nuevos planes de negocio y precios más competitivos, también la posibilidad de que los competidores ofrezcan servicios de video a través de la red de quien por ley ahora no puede hacerlo.

El IFT, a través de la Plataforma Nacional de Transparencia, respondió a la solicitud de acceso a la información acerca de las empresas que formalmente han solicitado el uso del bucle local de TELMEX. Se recibieron dos respuestas, una por parte de la Unidad de Cumplimiento y otra de la Unidad de Concesiones y Servicios. Para efectos de este trabajo, tomaremos la contestación de la Unidad de Concesiones y Servicios, ya que es el área a la que propiamente le concierne el tema.

La respuesta de la Unidad de Concesiones y Servicios, con fecha 6 de marzo de 2017, externa que las siguientes empresas son las que han solicitado el uso del bucle local de Teléfonos de México:

- México Red de Telecomunicaciones, S. de R.L. de C.V.
- Maxcom Telecomunicaciones, S.A.B. de C.V.
- Corporación de Radio y Televisión del Norte de México, S. de R.L. de C.V.
- Axtel, S.A.B. de C.V.
- Operbes, S.A. de C.V.
- Kiwi Networks, S.A.P.I. de C.V.
- BT Latam México, S.A. de C.V.
- UC Telecomunicaciones, S.A.P.I. de C.V.
- Total Play Telecomunicaciones, S.A. de C.V.

5.1.2 Izzi

Izzi es la marca comercial de las empresas de la división de telecomunicaciones de Grupo Televisa; estas empresas son: Cablevisión, Cablemás y Telecable. A finales de 2015, izzi se encontraba disponible en las ciudades más importantes de México incluyendo, la Ciudad de México, Monterrey, Zapopan, Tijuana, Cuernavaca, Acapulco, Cancún, Mérida y Coatzacoalcos, entre otras.

La infraestructura que da soporte a Izzi es la de la empresa Bestel, adquirida por Televisa y Cablevisión en 2007. Bestel opera una red nacional de 27,000 km de fibra óptica, de los cuales, 10,000

km son propiedad de la empresa y los demás provienen de su participación en el consorcio GTAC que desde 2010 opera junto con Telefónica y Megacable una parte de la red de fibra óptica de la CFE.

La empresa cuenta con una red de 80,000 km¹⁴⁰ de fibra óptica, a través de la cual ofrece paquetes *doble play* a clientes residenciales y empresas, pudiendo convertirlos en *triple play* al agregar el servicio de televisión si el cliente lo desea.

La oferta *doble play* para hogares incluye telefonía e Internet, existiendo la posibilidad de aumentar la velocidad pagando un monto adicional mensual (ver Tabla 25).

Tabla 25. Paquetes *doble play* para hogar ofertados por izzi mediante fibra óptica

Paquete	Paquete 1	Paquete 2
Internet	10 Mbps	20 Mbps
Telefonía	Llamadas ilimitadas a números fijos y celulares de todo México	
	Llamadas ilimitadas a números fijos de todo Estados Unidos, Canadá, América y Europa	
	Llamadas ilimitadas a celulares de Estados Unidos, Canadá, América y Europa	
Precio mensual	\$400	\$420

En la Tabla 26 se muestran las velocidades a las que puede incrementarse la de los paquetes *doble play* originales. El precio adicional depende del paquete base elegido.

Tabla 26. Velocidades a las que puede ser incrementada la velocidad de los paquetes *doble play*

Velocidad	Precio adicional mensual sobre el valor del paquete de 10 Mbps	Precio adicional mensual sobre el valor del paquete de 20 Mbps
30 Mbps	\$100	\$80
50 Mbps	\$250	\$180
100 Mbps	\$500	\$430

En lo que respecta a planes para negocios, izzi ofrece los tres paquetes *doble play* que se aprecian en la Tabla 27.

Tabla 27. Paquetes *doble play* para negocios que izzi ofrece a través de fibra óptica

Paquete	Paquete 1	Paquete 2	Paquete 3
Internet	25 Mbps	50 Mbps	100 Mbps
Telefonía	Llamadas ilimitadas a números fijos y celulares de todo México		
	Llamadas ilimitadas a números fijos de todo Estados Unidos, Canadá, América y Europa		

¹⁴⁰ Izzi (2016). *Conoce más. Acerca de izzi*. Obtenido en enero 22, 2017 de la página: <https://www.izzi.mx/nosotros>

	Llamadas ilimitadas a celulares de Estados Unidos, Canadá, América y Europa		
Precio mensual	\$500	\$759	\$1,300

Como ya mencionamos, los paquetes pueden convertirse en *triple play* contratando alguno de los planes de televisión que la empresa ofrece. Por \$180 más, es posible contratar un plan con 60 canales, mientras que un plan con más de 200 canales, tiene un costo de \$360 extras.

5.1.3 Megacable

Esta empresa con sede en Guadalajara, ofrece servicios de Internet, telefonía y televisión de paga a hogares y empresas en 25 estados de la República. Cuenta con una red de fibra óptica cuya longitud es de más de 50,000 km¹⁴¹.

Pese a su presencia en varios estados de la República y a la extensión de su red de fibra óptica, Megacable únicamente ofrece sus servicios a través de la arquitectura FTTH en las ciudades de Querétaro, León y Puebla.

La Tabla 28 especifica las características de las modalidades de paquetes *doble play* que Megacable ofrece a través de fibra óptica a clientes residenciales de las ciudades antes mencionadas. La primera de las modalidades incluye televisión e Internet, mientras que la segunda ofrece televisión y telefonía. Cabe mencionar que, en dicha tabla, es incluido un paquete *doble play* con velocidad de hasta 5 Mbps, el cual es provisto al cliente a través de cable coaxial y no de fibra óptica hasta el domicilio debido a que la empresa emplea fibra a partir de los 10 Mbps de velocidad; sin embargo, fue incluido para no dejar incompleta la oferta que es publicada en el sitio de Internet de Megacable.

Tabla 28. Paquetes *doble play* ofrecidos por Megacable a través de fibra óptica a clientes residenciales

Paquetes <i>doble play</i> : Internet + Televisión			
Nombre del paquete	Conecta digital	Básico digital	Básico plus digital
Internet	Hasta 5 Mbps	Hasta 20 Mbps	
Televisión	80 canales	119 canales	140 canales
Precio mensual	\$419 con pronto pago Precio regular: \$449	\$599 con pronto pago Precio regular: \$629	\$659 con pronto pago Precio regular: \$689
Paquetes <i>doble play</i> : Telefonía + Televisión			
Nombre del paquete	Conecta digital	Básica digital	Básico plus digital

¹⁴¹ MetroCarrier (2016). *Carriers. Transporte de última milla*. Mexico: MetroCarrier. Obtenido en febrero 13, 2017 de la página: <http://www.metrocarrier.com.mx/transporte-de-ultima-milla-carriers/>

Telefonía	Llamadas locales y nacionales ilimitadas		
	Llamadas a Estados Unidos y Canadá ilimitadas		
	Minutos a celular ilimitados		
Televisión	80 canales	119 canales	140 canales
Precio mensual	\$519 con pronto pago Precio regular: \$549	\$599 con pronto pago Precio regular: \$629	\$659 con pronto pago Precio regular: \$689

En la siguiente tabla están incluidos los paquetes *triple play* para hogar que Megacable ofrece a través de fibra óptica. Igualmente, para no dejar incompleta la oferta de la empresa, en la tabla es incluido un paquete con Internet de 5 Mbps que es entregado vía cable coaxial.

Tabla 29. Paquetes *triple play* ofrecidos por Megacable a través de fibra óptica a clientes residenciales

Nombre del paquete	Conecta digital	Básico digital	Básico plus digital
Internet	Hasta 5 Mbps	Hasta 20 Mbps	
Telefonía	Llamadas locales y nacionales ilimitadas		
	Llamadas a Estados Unidos y Canadá ilimitadas		
	Minutos a celular ilimitados		
Televisión	98 canales + 50 canales de audio	191 canales + 50 canales de audio	212 canales + 50 canales de audio
Precio mensual	\$469 con pronto pago Precio regular: \$499	\$649 con pronto pago Precio regular: \$679	\$709 con pronto pago Precio regular: \$739

En lo que respecta a negocios, Megacable tiene disponibles mediante fibra óptica cinco paquetes diferentes que además de Internet y telefonía, incluyen algunas soluciones empresariales. En la Tabla 30 se pueden ver dichos paquetes.

Tabla 30. Paquetes de Megacable disponibles para negocios mediante fibra óptica

Paquete	Paquete 1	Paquete 2	Paquete 3	Paquete 4	Paquete 5
Internet	10 Mbps	30 Mbps	50 Mbps	100 Mbps	200 Mbps
Telefonía	Llamadas locales y nacionales ilimitadas				
	Minutos a celular ilimitados				
	Llamadas ilimitadas a números fijos de EU y Canadá				
	Llamadas ilimitadas a celulares de EU y Canadá				
	Una línea adicional gratuita				
Nube	Cloud 1: Dominio, correo, respaldo virtual, 150 facturas, antivirus		Cloud 2: Dominio, correo, respaldo virtual, facturas ilimitadas, antivirus y página web		Cloud 3: Dominio, correo, respaldo virtual, facturas ilimitadas, antivirus,

					página web y catálogo
Precio mensual	\$400	\$500	\$700	\$900	\$1,100

Además, el cliente puede ampliar su paquete agregando el servicio de televisión con un costo adicional mensual de \$200 si se contratan 65 canales, y de \$300 si se contratan 110 canales.

Megacable también ha extendido su modelo de negocios a empresas, corporativos y el sector público, pero a través de la empresa MetroCarrier. Esta empresa que encarga de ofrecer soluciones en Tecnologías de la Información y servicios de telecomunicaciones mediante la red de fibra óptica de Megacable. Los servicios que MetroCarrier oferta en su página de Internet se pueden apreciar en la Tabla 31.

Tabla 31. Servicios que MetroCarrier provee mediante fibra óptica a empresas, corporativos y sector público

Servicio	Características
Internet	Internet Dedicado Premium: Servicio fijo de alta capacidad que se basa en la tecnología Ethernet. La empresa ofrece velocidades de 10, 20, 50 y 100 Mbps, con conexión de fibra óptica.
	Internet Dedicado Ethernet: Servicio fijo de alta capacidad que se basa en la tecnología Ethernet. MetroCarrier ofrece velocidades desde los 2 Mbps hasta 10 Gbps, con conexión por fibra óptica.
	Soluciones Wi-Fi
Telefonía	Troncales digitales/IP
	Telefonía para Contact Center: Planes adaptados para Call Center, asesoría y equipamiento, entregado a través del servicio de troncales digitales/troncales IP.
Datos	Redes Privadas Virtuales (VPN)
	Líneas Privadas Ethernet
Video	Servicio de televisión con más de 250 canales
	Televisión en HD
	Servicio de <i>Video On Demand</i> y <i>Digital Video Recorder</i>
Transporte de última milla	Provee este servicio empleando una plataforma Ethernet y TDM a través de la red de fibra óptica de Megacable. Uno de los servicios que se provee
Transporte de larga distancia	Provee servicios de transporte de larga distancia punto a punto basados en los estándares MPLS (<i>Multiprotocol Label Switching</i>) y Ethernet sobre una plataforma DWDM a través de fibra óptica. MetroCarrier cuenta con tres cruces fronterizos hacia Estados Unidos brindando conectividad con diversos operadores internacionales.

5.1.4 Axtel

Axtel es una empresa mexicana de telecomunicaciones, con sede en San Pedro Garza García, N.L., que ofrece servicios de Internet de banda ancha, televisión de paga y telefonía, así como soluciones TIC para empresas, instituciones financieras y gubernamentales a través de fibra óptica.

En la llamada Red Digital Axtel, se integran servicios de telefonía local y larga distancia, Internet y servicios de valor agregado. La empresa cuenta con diversas tecnologías de acceso para ofrecer soluciones de comunicación según las necesidades de sus clientes. Las tecnologías de acceso incluyen:

- FTTH: Axtel cuenta con más de 4,500 km de red FTTH.
- Axtel TV: Este servicio es brindado empleando la tecnología IPTV.
- Acceso inalámbrico fijo: Aplicación de acceso inalámbrico en la que los lugares del punto de conexión de usuario final y el punto de acceso a la red que se conectará con el usuario final son fijos. Axtel emplea 50 MHz de espectro dentro de la banda de 3.4 GHz a nivel nacional.
- WiMAX
- Radio punto a multipunto: Esta tecnología se utiliza para proveer servicios de voz y datos con amplio alcance geográfico. Axtel dispone de 60 MHz de espectro, con cobertura a nivel nacional, dentro de la banda de 10.5 GHz.
- Radio punto a punto: Servicios de transmisión de voz, datos e Internet. Atienden los requerimientos de servicios de alta capacidad y cobertura amplia. La empresa cuenta con 100 MHz de espectro dentro de la banda de 23 GHz y 128 MHz de espectro dentro de la banda de 15 GHz.
- WiFi metro: Permite acceder a Internet gracias a una gran cantidad de *hotspots* WiFi ubicados en distintos sitios de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey (centros comerciales, restaurantes, aeropuertos, escuelas, universidades, hospitales, hoteles, etc.). Utiliza como medio de transporte la fibra óptica y la red IP de Axtel.
- Red inteligente: Axtel ofrecer servicios de automatización y personalización de llamadas entrantes, atención a clientes, centros de contacto, sondeos y encuestas, números 800 y 900, entre otros.

Hablando específicamente de su red de fibra óptica, esta tiene una extensión de más 14,784 km, incluyendo más de 2,000 km de anillos metropolitanos.¹⁴² Dicha red da servicio a clientes residenciales y negocios. Igualmente, a empresas e instituciones gubernamentales, pero a través de la marca Alestra, fusionada con Axtel en enero de 2016.

A clientes residenciales, Axtel ofrece paquetes doble play sobre cobre y fibra óptica. Los planes Axtel Acceso Universal son entregados a través de cobre debido a las bajas velocidades que los planes ofertan. Mientras que los paquetes AXTEL X-tremo son entregados fibra óptica ya que las velocidades manejadas son altas. En las siguiente dos tablas se resumen las características de ambos:

Tabla 32. Paquetes Axtel Acceso Universal para clientes residenciales

Paquete	Paquete 1	Paquete 2	Paquete 3
Internet	0.5 Mbps	1 Mbps	2 Mbps
Telefonía	Llamadas locales y nacionales ilimitadas		
	Llamadas internacionales ilimitadas		
	Llamadas a celular ilimitadas		
Precio mensual	\$285 al mes con pronto pago Costo regular: \$335	\$329 al mes con pronto pago Costo regular: \$369	\$445 al mes con pronto pago Costo regular: \$485

Tabla 33. Paquetes AXTEL X-tremo para clientes residenciales

Paquete	Paquete 1	Paquete 2	Paquete 3
Internet	20 Mbps	50 Mbps	200 Mbps
Telefonía	Llamadas locales y nacionales ilimitadas		
	Llamadas internacionales ilimitadas		
	Llamadas a celular ilimitadas		
Precio mensual	\$429 al mes con pronto pago Costo regular: \$459	\$645 al mes con pronto pago Costo regular: \$745	\$1,149 al mes con pronto pago Costo regular: \$1,349

Para los clientes interesados en servicios de telecomunicaciones para su negocio, la empresa también cuenta con los planes Axtel Acceso Universal y AXTEL X-tremo. A continuación, se compilan brevemente las características de ambos planes para negocios:

Tabla 34. Paquetes Axtel Acceso Universal para negocios

Paquete	Paquete 1	Paquete 2	Paquete 3
---------	-----------	-----------	-----------

¹⁴² Axtel (2015). *Nuestra empresa. Axtel en breve*. México: Axtel. Obtenido en diciembre 14, 2016 de la página: <http://axtel.mx/acerca-de-axtel/nuestra-empresa>

Internet	0.5 Mbps	1 Mbps	2 Mbps
Telefonía	Llamadas locales y nacionales ilimitadas		
	Llamadas internacionales ilimitadas		
	500 minutos		
Precio mensual	\$285 al mes con pronto pago Costo regular: \$335	\$329 al mes con pronto pago Costo regular: \$369	\$445 al mes con pronto pago Costo regular: \$485

Tabla 35. Paquetes AXTEL X-tremo para negocios

Paquete	Paquete 1	Paquete 2	Paquete 3
Internet	20 Mbps	50 Mbps	200 Mbps
Telefonía	Incluye 2 líneas telefónicas		
	Llamadas locales y nacionales ilimitadas		
	Llamadas internacionales ilimitadas		
	300 minutos	500 minutos	1,000 minutos
Precio mensual	\$429 al mes con pronto pago Costo regular: \$459	\$645 al mes con pronto pago Costo regular: \$745	\$1,149 al mes con pronto pago Costo regular: \$1,349

El servicio Axtel Acceso Universal, tanto para hogar como para negocio, está presente en 45 ciudades del país, incluidas: Acapulco, Cancún, Celaya, Ciudad Victoria, Coahuila, Cuernavaca, Hermosillo, Mazatlán, Mérida, Mexicali, Morelia, Pachuca, Saltillo, Tijuana, Torreón y Villahermosa. Mientras que, el servicio AXTEL X-tremo tiene cobertura para ambos clientes en Aguascalientes, Ciudad Juárez, Ciudad de México, Guadalajara, León, Monterrey, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Toluca.

Paquetes *triple play* también son ofrecidos por Axtel a través de fibra óptica a las dos clases de clientes que hemos mencionado. En ellos, además de telefonía e Internet, se introduce el servicio *Axtel TV*. Existen 5 planes de televisión, de los cuales, 4 pueden ser contratados con Internet de 20, 50 o 200 Mbps; y un cuarto plan únicamente con Internet de 30 Mbps. En la Tabla 36 se muestran las particularidades de los paquetes ofertados:

Tabla 36. Paquetes triple play de Axtel

		Axtel TV							
		Básico		Ultra		Total HD		Exprés	
AXTEL X-tremo	20 Mbps	106 canales Incluidos canales SD, HD y locales	Llamadas locales, a celular, nacionales e internacionales ilimitadas	149 canales Incluidos canales SD, HD y locales	Llamadas locales, a celular, nacionales e internacionales ilimitadas	187 canales Incluidos canales SD, HD y locales	Llamadas locales, a celular, nacionales e internacionales ilimitadas		
		\$599 al mes con pronto pago Precio regular: \$655		\$775 al mes con pronto pago Precio regular: \$819		\$939 al mes con pronto pago Precio regular: \$1034			
	30 Mbps							23 canales Incluidos canales SD, HD y locales	Llamadas locales, a celular, nacionales e internacionales ilimitadas
								\$599 al mes con pronto pago Precio regular: \$655	
	50 Mbps	106 canales Incluidos canales SD, HD y locales	Llamadas locales, a celular, nacionales e internacionales ilimitadas	149 canales Incluidos canales SD, HD y locales	Llamadas locales, a celular, nacionales e internacionales ilimitadas	187 canales Incluidos canales SD, HD y locales	Llamadas locales, a celular, nacionales e internacionales ilimitadas		
		\$839 al mes con pronto pago Precio regular: \$941		\$999 al mes con pronto pago Precio regular: \$1105		\$1225 al mes con pronto pago Precio regular: \$1320			
	200 Mbps	106 canales Incluidos canales SD, HD y locales	Llamadas locales, a celular, nacionales e internacionales ilimitadas	149 canales Incluidos canales SD, HD y locales	Llamadas locales, a celular, nacionales e internacionales ilimitadas	187 canales Incluidos canales SD, HD y locales	Llamadas locales, a celular, nacionales e internacionales ilimitadas		
		\$1339 al mes con pronto pago Precio regular: \$1541		\$1499 al mes con pronto pago Precio regular: \$1705		\$1725 al mes con pronto pago Precio regular: \$1920			

Por su parte, Alestra cuenta con 20,520 km de fibra óptica de *backbone* de hasta 100 Gbps y con más de 3,000 km de fibra metropolitana.¹⁴³ A través del medio óptico se encarga de proveer soluciones empresariales en materia de telecomunicaciones y Tecnologías de la Información.



Figura 31. Red Alestra
Fuente: Alestra.

En la Tabla 37 se exponen los servicios IT y de telecomunicaciones con sus respectivas descripciones:

Tabla 37. Servicios IT y de telecomunicaciones de Alestra

Servicios IT	
Centros de datos	Alestra a través del servicio de <i>Managed Colocation</i> (Hospedaje Coubicado) ofrece Centros de datos. Con la posibilidad de contratar servicios adicionales como: respaldo y recuperación de información bajo demanda (<i>Backup on Demand</i>), almacenamiento (<i>Storage on Demand</i>), seguridad informática y de nube, redes LAN.
Nube	La empresa ofrece el servicio de almacenamiento en nube y también la infraestructura necesaria para llevar a cabo el almacenamiento.
Respaldos	Ayudan a proteger la información del cliente respaldando desde una computadora hasta servidores y aplicaciones complejas.
Administración de aplicaciones	Permite ampliar los alcances operacionales de bases de datos y el uso más eficiente de correo electrónico.

¹⁴³ Alestra (2015). *Infraestructura. Red Alestra*. México: Alestra. Obtenido en enero 6, 2017 de la página: <http://www.alestra.com.mx/es/red-alestra>

Integración de sistemas	Esta práctica se encarga de comunicar infraestructura, cómputo, almacenamiento, respaldo, monitoreo y administración, convirtiendo a Alestra en el único punto de contacto para sus clientes.
Servicios Telecom	
Mesa de ayuda	Soporte técnico en la configuración de hardware y software para los clientes de la empresa que contrate el servicio.
Colaboración	Conjuntos de soluciones que hacen de la comunicación entre los empleados, un recurso más eficaz y dinámico.
Seguridad	Seguridad de las redes y de la información de la empresa.
Conectividad	Servicios de telefonía e Internet. Además de la administración y monitoreo de las redes de la empresa.
Soluciones de negocio	Las soluciones ofrecidas son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Fortimax</i>: Automatiza y estandariza la información en diversos formatos y fuentes, además de ofrecer facilidad de consulta y seguridad de resguardo de este contenido. ▪ <i>Smart campus</i>: Orientada a empresas e instituciones educativas. Permite realizar videoconferencias gracias a la integración de un aula virtual, personalizar el desarrollo profesional de cada usuario, y medir la eficacia de sus programas, asegurando el cumplimiento de los objetivos a través de herramientas de análisis.

Teniendo en cuenta que las soluciones son a la medida de cada empresa, en la página de Internet de Alestra no se muestran los costos de los servicios.

5.1.5 Totalplay

La empresa mexicana propiedad de Grupo Salinas, Total Play Telecomunicaciones S.A. de C.V. inicio operaciones en 2011; ofreciendo servicios de Internet, telefonía y televisión utilizando la arquitectura FTTH a hogares y negocios.

Además de los servicios que ya mencionamos, la empresa también provee:

- Aplicaciones interactivas a las que se accede desde la televisión, como *Deezer*, *TuneIn*, el clima, entre otras.
- *AnytimeTv*: Este servicio ofrece la posibilidad de regresar el tiempo de la programación para ver los programas en el momento que se desee.
- *Totalplay Donde Sea*: Permite ver la programación de televisión en cualquier dispositivo, ya sea computadora, celular o tablet.

- *Softphone Totalplay*: Beneficio sin costo adicional con el que los clientes de Totalplay enlazan su servicio de telefonía fija a su celular.
- *Video On Demand*: Servicio con el que se pueden rentar películas, series, telenovelas, programas o incluso rentar algún título del contenido exclusivo en 3D.

No se encontraron reportes anuales ni trimestrales de la empresa, sin embargo, en agosto de 2016 su director general, Eduardo Kuri, menciona en una entrevista para el periódico “El Universal” que su red de fibra óptica es de 50,000 km.¹⁴⁴

Actualmente Totalplay tiene cobertura en 20 ciudades de la República: Ciudad de México y Área Metropolitana, Guadalajara, Aguascalientes, Toluca, Cuernavaca, Pachuca, Puebla, Mérida, Veracruz, Xalapa, Celaya, Querétaro, Tijuana, Monterrey, Ciudad Juárez, Chihuahua, San Luis Potosí, Cancún, Morelia y León.¹⁴⁵

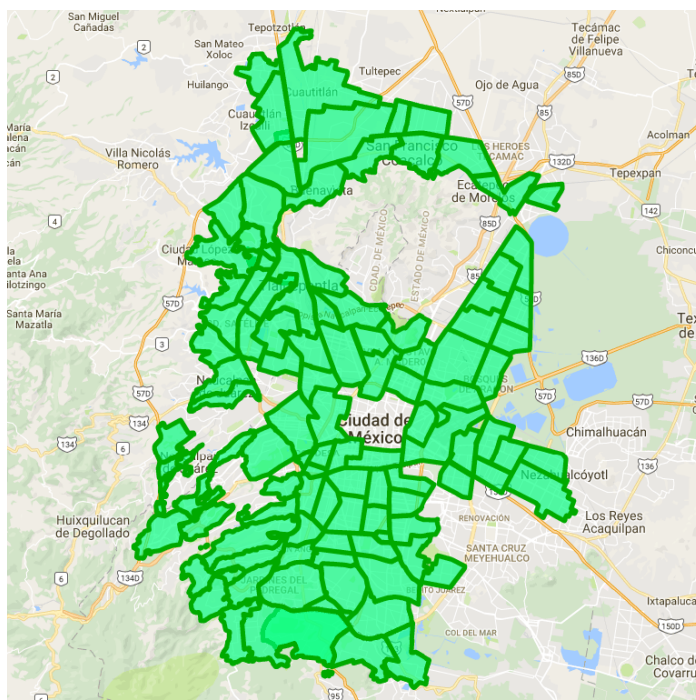


Figura 32. Cobertura de Totalplay en la Ciudad de México y Área Metropolitana
Fuente: Totalplay.

¹⁴⁴ Martínez, C. (26 de agosto de 2016). Totalplay busca proveer a Red Compartida. *El Universal*. México: El Universal. Obtenido en enero 17, 2017 de la página:

<http://www.eluniversal.com.mx/articulo/cartera/telecom/2016/08/26/totalplay-busca-proveer-red-compartida>

¹⁴⁵ Grupo Salinas (2016). *Nuestra empresa. Totalplay*. México: Grupo Salinas. Obtenido en enero 16, 2017 de la página: <http://www.gruposalinas.com.mx/es/totalplay>

Las propuestas que Totalplay tiene para clientes residenciales radica en paquetes *doble* y *triple play* (ver Tabla 38 y Tabla 39).

Tabla 38. Paquetes *doble play* de Totalplay para hogar¹⁴⁶

Nombre del paquete		Esencial	Básico	Práctico	Familiar	Total	Premium	Sin límite
Internet	↓	20 Mbps	30 Mbps	50 Mbps	100 Mbps	200 Mbps	300 Mbps	500 Mbps
	↑	2 Mbps	3 Mbps	5 Mbps	10 Mbps	20 Mbps	30 Mbps	50 Mbps
Telefonía		Una línea						Dos líneas
		Llamadas a teléfonos fijos incluidas						
		Llamadas a EU y Canadá incluidas						
		Minutos a celular incluidos						
Precio		\$439 al mes con pronto pago.	\$519 al mes con pronto pago.	\$649 al mes con pronto pago.	\$829 al mes con pronto pago.	\$1,079 al mes con pronto pago.	\$1,479 al mes con pronto pago.	\$1,779 al mes con pronto pago.
		Precio regular: \$489	Precio regular: \$569	Precio regular: \$699	Precio regular: \$909	Precio regular: \$1,159	Precio regular: \$1,559	Precio regular: \$1,859

¹⁴⁶ Los paquetes *doble play* de dependen de la ciudad de residencia. La tabla muestra los paquetes disponibles para la Ciudad de México.

Tabla 39. Paquetes *triple play* de Totalplay para hogar

	Internet		Televisión	Telefonía	Precio
	Descarga	Carga			
Esencial	20 Mbps	2 Mbps	Una TV Más de 80 canales, incluidos 21 en HD	Una línea Hasta 2,000 llamadas a teléfonos fijos y larga distancia internacional (EUA y Canadá) Hasta 2,000 minutos a celular	\$619 al mes con pronto pago Precio regular: \$669
Básico	30 Mbps	3 Mbps	Una TV Más de 120 canales. Incluidos 40 en HD	Una línea Hasta 2,000 llamadas a teléfonos fijos y larga distancia internacional (EUA y Canadá) Hasta 2,000 minutos a celular	\$759 al mes con pronto pago. Precio regular: \$809
Práctico	50 Mbps	5 Mbps	Una TV Más de 205 canales, incluidos 65 en HD	Una línea Hasta 2,000 llamadas a teléfonos fijos y larga distancia internacional (EUA y Canadá) Hasta 2,000 minutos a celular	\$969 al mes con pronto pago. Precio regular: \$1,019
Familiar	100 Mbps	10 Mbps	Una TV Más de 255 canales, incluidos 95 en HD Incluido FOX+ o HBO MAX	Una línea Hasta 2,000 llamadas a teléfonos fijos y larga distancia internacional (EUA y Canadá) Hasta 2,000 minutos a celular	\$1,279 al mes con pronto pago. Precio regular: \$1,359
Total	200 Mbps	20 Mbps	2 TVs Más de 275 canales, incluidos 105 en HD Incluido FOX+ o HBO MAX	Una línea Hasta 2,000 llamadas a teléfonos fijos y larga distancia internacional (EUA y Canadá) Hasta 2,000 minutos a celular	\$1,599 al mes con pronto pago. Precio regular: \$1,679
Premium	300 Mbps	30 Mbps	2 TVs Más de 300 canales, incluidos 115 en HD Incluidos FOX+ y HBO MAX	Una línea Hasta 2,000 llamadas a teléfonos fijos y larga distancia internacional (EUA y Canadá) Hasta 2,000 minutos a celular	\$1,719 al mes con pronto pago. Precio regular: \$1,799
Sin límite	500 Mbps	50 Mbps	2 TVs Más de 300 canales, incluidos 115 en HD Incluidos FOX+ y HBO MAX	2 líneas Hasta 2,000 llamadas a teléfonos fijos y larga distancia internacional (EUA y Canadá) Hasta 2,000 minutos a celular	\$2,219 al mes con pronto pago. Precio regular: \$2,299

Totalplay, al igual que TELMEX y Axtel, cuenta con planes orientados a empresas y pequeños negocios que requieran de sus servicios de telecomunicaciones (ver Tabla 40).

Tabla 40. Paquetes de Totalplay para negocio¹⁴⁷

Nombre del paquete		Innovador	Emprendedor	Ejecutivo	Familiar
Internet	↓	30 Mbps	50 Mbps	100 Mbps	200 Mbps
	↑	3 Mbps	5 Mbps	10 Mbps	20 Mbps
Telefonía	2 líneas				
	Llamadas a teléfonos fijos incluidas				
	Llamadas a EU y Canadá incluidas				
	500 minutos a números celulares nacionales	1,000 minutos a números celulares nacionales	1,500 minutos a números celulares nacionales	2,000 minutos a números celulares nacionales	
	<i>Softphone</i> incluido				
Precio	\$549 al mes con pronto pago. Precio regular: \$629	\$799 al mes con pronto pago. Precio regular: \$879	\$1,099 al mes con pronto pago. Precio regular: \$1,179	\$1,499 al mes con pronto pago. Precio regular: \$1,579	

Como se observa en la Tabla 40, los paquetes empresariales son únicamente *doble play*: telefonía e Internet. Si el cliente desea agregar el servicio de televisión a su paquete, tendría que pagar \$249 adicionales al mes por más de 200 canales y \$549 por más de 270 canales.

En la tabla que a continuación se muestra, se resumen los datos más relevantes de los proveedores estudiados y las particularidades de los servicios que llegan a ofrecer teniendo como medio de transmisión a la fibra óptica:

¹⁴⁷ Los paquetes *doble play* de dependen de la ciudad de residencia. La tabla muestra los paquetes disponibles para la Ciudad de México.

Capítulo 5. El mercado de las telecomunicaciones ópticas en México y el mundo

Empresa		TELMEX	Izzi	Megacable	MetroCarrier	Axtel	Alestra	Totalplay
Presencia a nivel nacional		En 31 estados y Ciudad de México	En 15 estados y Ciudad de México	En 20 estados	En toda la República	En 24 estados y Ciudad de México	En 28 estados y Ciudad de México	En 15 estados y Ciudad de México
Suscriptores vía fibra		1,555,061	4,266	1,161	No se tiene cifra	240,061		433,479
Infraestructura propia		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Extensión de su red de fibra óptica (km)		200,000	80,000	Más de 50,000		14,784	20,520	50,000
Red de acceso HFC/FTTH		HFC/FTTH	HFC/FTTH	HFC/FTTH		HFC/FTTH		FTTH
Ganador de alguna concesión de fibra óptica		×	✓	✓		✓		×
Servicios dirigidos a...	Hogar	✓	✓	✓	NA	✓	NA	✓
	Negocios	✓	✓	✓	NA	✓	NA	✓
	Empresas y corporativos	NA	NA	NA	✓	NA	✓	NA
	Sector público	NA	NA	NA	✓	NA	✓	NA
Servicios para hogar a través de fibra óptica	Un solo servicio	✓	×	×	NA	×	NA	×
	Doble play	✓	✓	✓	NA	✓	NA	✓
	Triple play	×	✓	✓	NA	✓	NA	✓
	Velocidad mínima (Mbps)	10	10	20	NA	20	NA	20
	Velocidad máxima (Mbps)	200	100	200	NA	200	NA	500
Servicios para negocio a través de fibra óptica	Un solo servicio	✓	×	×	NA	×	NA	×
	Doble play	✓	✓	✓	NA	✓	NA	✓
	Triple play	×	✓	✓	NA	✓	NA	✓
	Otras características incluidas en los paquetes	Protección y respaldo para equipos Nube Correo Página de Internet Facturas electrónicas Hasta 6 líneas telefónicas	Sus paquetes no incluyen características adicionales	Dominio Correo Respaldos Facturas Antivirus Página web Catálogo Tienda virtual	NA	Hasta 2 líneas telefónicas	NA	Hasta 2 líneas telefónicas Softphone
	Velocidad mínima (Mbps)	10	25	10	NA	20	NA	30
Velocidad máxima (Mbps)	200	100	200	NA	200	NA	200	
Servicios para empresas, corporativos y sector público	Conectividad	NA	NA	NA	✓	NA	✓	NA
	Centros de datos	NA	NA	NA	×	NA	✓	NA
	Nube	NA	NA	NA	×	NA	✓	NA
	Respaldos	NA	NA	NA	×	NA	✓	NA

Empresa		TELMEX	Izzi	Megacable	MetroCarrier	Axtel	Alestra	Totalplay
Servicios para empresas, corporativos y sector público	Mesa de ayuda	NA	NA	NA	×	NA	✓	NA
	Colaboración	NA	NA	NA	×	NA	✓	NA
	Seguridad	NA	NA	NA	×	NA	✓	NA
	Televisión	NA	NA	NA	✓	NA	×	NA
	Transporte de última milla	NA	NA	NA	✓	NA	×	NA
	Transporte de larga distancia	NA	NA	NA	✓	NA	×	NA

NA: No Aplica

Tabla 41. Comparativa de los proveedores de servicios de telecomunicaciones que ofrecen sus servicios mediante fibra óptica en México

5.2 Mercado internacional

En esta sección analizaremos los datos más relevantes de los servicios fijos de banda ancha en Japón, Francia, Suecia, Australia y Uruguay. Además, basados en las más recientes estadísticas publicadas por los respectivos reguladores de telecomunicaciones, estudiaremos los paquetes de servicios que pueden ser entregados al usuario a través de la arquitectura FTTH del operador que domina el mercado de banda ancha fija en cada uno de los países mencionados.

Las razones de elegir a dichos países para este trabajo son las altas tasas de penetración y crecimiento que tienen los servicios vía fibra óptica en esos países, y el liderazgo que tienen algunos de ellos a nivel regional en el uso de la fibra como tecnología de acceso.

5.2.1 NTT (Japón)

A finales de marzo de 2015, el 100%¹⁴⁸ de los 55.95 millones de hogares japoneses contaban con servicios de banda ancha fija y móvil. A finales de marzo de 2016, el número de suscriptores a servicios fijos de banda ancha era de 37.81 millones¹⁴⁹, esta cifra abarca servicios a través de las

¹⁴⁸ Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones (2016). *Information and Communications in Japan 2016*. p. 66. Japón: Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones. Obtenido en marzo 12, 2017 de la página: <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/eng/WP2016/chapter-5.pdf>

¹⁴⁹ *Ibidem* 148.

tecnologías FTTH, DSL, TV por cable y acceso fijo inalámbrico. De las 37.81 millones de suscripciones existentes, 27.87 millones¹⁵⁰ eran vía FTTH.

De acuerdo a las últimas estadísticas de la OCDE en materia de suscriptores a banda ancha fija, en junio de 2016 el 74.1%¹⁵¹ de los abonados japoneses a banda ancha lo hacía mediante alguna de las arquitecturas FTTx (FTTH, FTTP y FTTB), ocupando así el primer puesto de los países miembros de la OCDE en suscriptores a banda ancha a través de fibra.

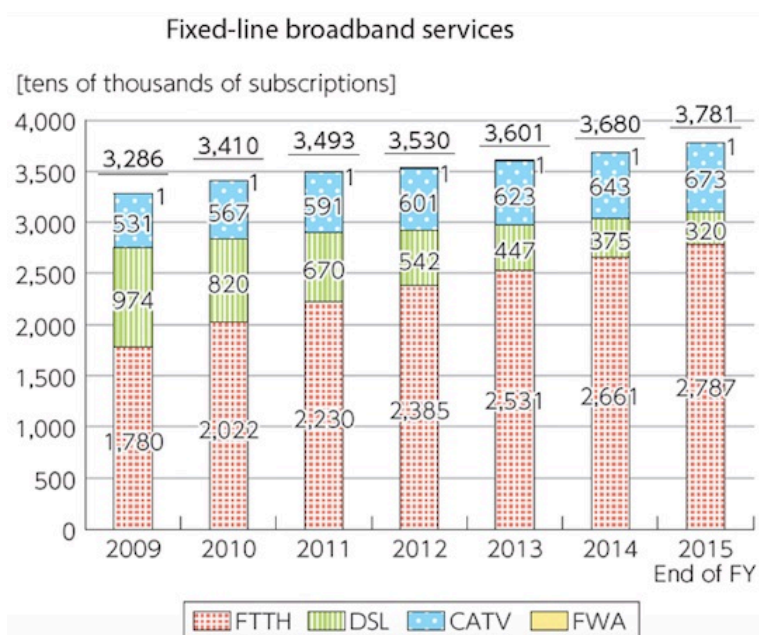


Figura 33. Suscripciones a banda ancha fija de 2009 a 2015 en Japón
Fuente: Ministry of Internal Affairs and Communications.

De acuerdo al último reporte financiero publicado por la empresa de telecomunicaciones Nippon Telegraph and Telephone (NTT), a finales de marzo de 2016 dicha empresa a través de su marca FLET'S Hikari contaba con 19.6 millones¹⁵² de suscriptores vía FTTH.

FLET'S Hikari es la marca bajo la que operan las subsidiarias NTT West y NTT East, las cuales conforman la rama de NTT dedicada a la provisión de servicios de telecomunicaciones a nivel

¹⁵⁰ Ibídem 148.

¹⁵¹ Ibídem 118.

¹⁵² NTT (2016). *Corporate Profile 2016*. p. 18. Japón: NTT. Obtenido en marzo 21, 2017 de la página: http://www.ntt.co.jp/about_e/pdf/NTT_catalog2016_E_A3.pdf

nacional. FLET'S Hikari ofrece servicios de banda ancha fija mediante fibra óptica, específicamente a través de la arquitectura FTTH.

Los números de FLET'S Hikari en cuanto a abonados conectados vía fibra óptica es la razón por la que se analizará su oferta comercial para clientes residenciales.

Para los clientes residenciales interesados en sus servicios mediante fibra, FLET'S Hikari tiene dos modalidades dependiendo del inmueble donde se habite: *FLET'S HIKARI NEXT Giga Family Smart Type* y *FLET'S HIKARI NEXT Giga Mansion Smart Type*. Ambas consisten en ofertas que únicamente incluyen el servicio de Internet. La primera es exclusiva para casas, mientras que la segunda es para clientes que vivan en edificios departamentales y su precio dependerá del número de departamentos que puedan llegar a contratar el servicio en el edificio.

Las siguientes dos tablas resumen las características de los planes de Internet mencionados en el párrafo anterior:

Tabla 42. Plan de Internet *FLET'S HIKARI NEXT Giga Family Smart Type* para hogar

Nombre del paquete		FLET'S HIKARI NEXT Giga Family Smart Type
Internet	↓	1 Gbps
	↑	1 Gbps
Precio mensual		Contrato por 24 meses
		¥5,700
Cargos adicionales		¥500
Precio total mensual		¥6,200
Precio total mensual en MXN ¹⁵³		\$1,054.00

Tabla 43. Planes de Internet *FLET'S HIKARI NEXT Giga Mansion Smart Type* para clientes residenciales

Nombre del paquete		FLET'S HIKARI NEXT Giga Mansion Smart Type		
		Mini (4 o más posibles contratos)	Plan 1 (8 o más posibles contratos)	Plan 2 (16 o más posibles contratos)
Internet	↓	1 Gbps		
	↑	1 Gbps		
Precio mensual		Contrato por 24 meses		
		¥3,350	¥3,750	¥4,350
Cargos adicionales		¥500		

¹⁵³ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 21 de marzo de 2017 en Banamex, donde el Yen se vende en \$0.1742.

Precio total mensual	¥3,850	¥4,250	¥4,850
Precio total mensual en MXN ¹⁵⁴	\$654.50	\$722.50	\$824.50

Propiamente, la empresa no ofrece paquetes *doble* y *triple play*. Los servicios de telefonía y televisión pueden ser contratados de forma independiente.

En el sitio web de FLET'S HIKARI se encuentran publicados más planes de Internet, desafortunadamente, no fue posible incluirlos en este trabajo ya que la información acerca de ellos se encontraba exclusivamente en japonés.

NTT también atiende las necesidades de clientes empresariales, pero a través de su subsidiaria NTT Communications, la cual tiene presencia nacional e internacional. Cuenta con subsidiarias y oficinas en más de 40 países, incluido México.



Figura 34. Presencia a nivel mundial de NTT Communications

Fuente: NTT.

A través de diversas tecnologías, de las cuales destacamos las redes ópticas terrestres y los cables submarinos de fibra, NTT Communications ofrece los siguientes servicios TIC: Nubes de almacenamiento, centros de datos, red global IP, voz, video, seguridad, administración de operaciones, servicios de aplicación e *Internet of Things* (IoT).

¹⁵⁴ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 21 de marzo de 2017 en Banamex, donde el Yen se vende en \$0.1742.

5.2.2 Orange (Francia)

Hasta junio de 2016, Francia se encuentra en el lugar 26 de los 34 países que conforman la OCDE en número de suscripciones a banda ancha a través de alguna arquitectura FTTx -FTTH, FTTP y FTTB-, del total de suscriptores a banda ancha fija en Francia, sólo el 6.5%¹⁵⁵ tenían una conexión vía fibra.

De acuerdo al órgano regulador en materia de telecomunicaciones francés, la Autoridad de Regulación de las Comunicaciones Electrónicas y Postales, hasta el 31 de diciembre de 2016 había 27.7 millones¹⁵⁶ de suscriptores a banda ancha fija, de los cuales, 3.4 millones¹⁵⁷ contaban con una conexión con velocidad igual o mayor a 100 Mbps (ver Figura 35). De esta última cifra, 2.1 millones¹⁵⁸ se conectan mediante la arquitectura FTTH.

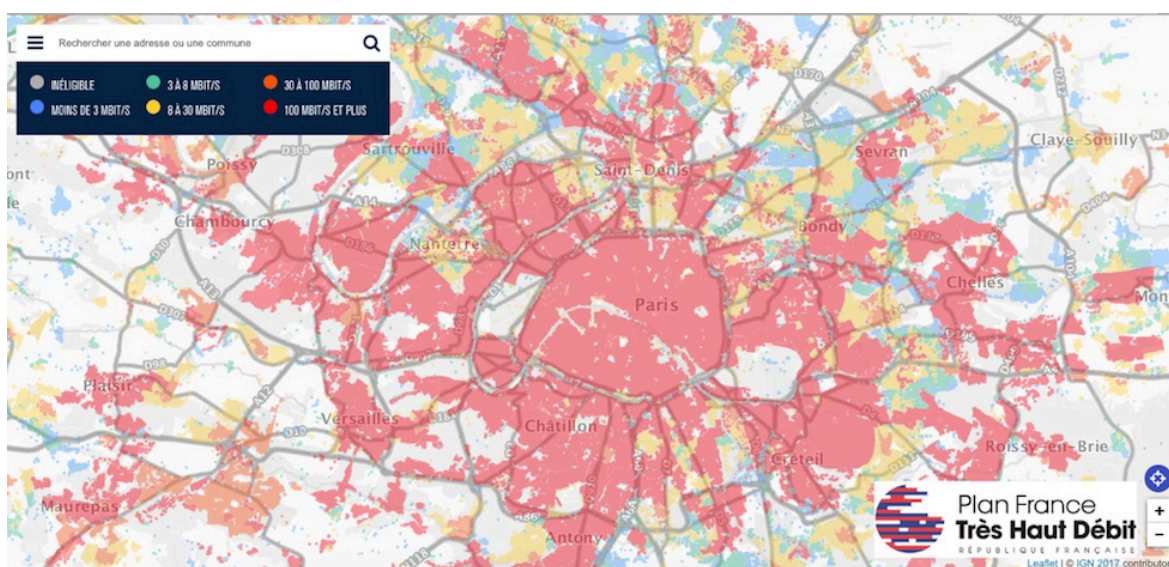


Figura 35. Distribución de velocidades en París y alrededores
Fuente: Plan France Très Haut Débit.

En la Figura 36 se puede observar el estado, hasta septiembre de 2016, del despliegue de redes FTTH a nivel nacional en Francia:

¹⁵⁵ Ibídem 118.

¹⁵⁶ ARCEP (2016). *Services fixes haut e très haut débit – Abonnements. 4e Trimestre 2016-Resultats provisoires*. p. 2. Francia: ARCEP. Obtenido en febrero 21, 2017 de la página: http://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/observatoire/hd-thd-detail/t4-2016/obs-HDTHD-abonnements-T4_2016.pdf

¹⁵⁷ Ibídem 156, p. 2

¹⁵⁸ Ibídem 156, p. 2

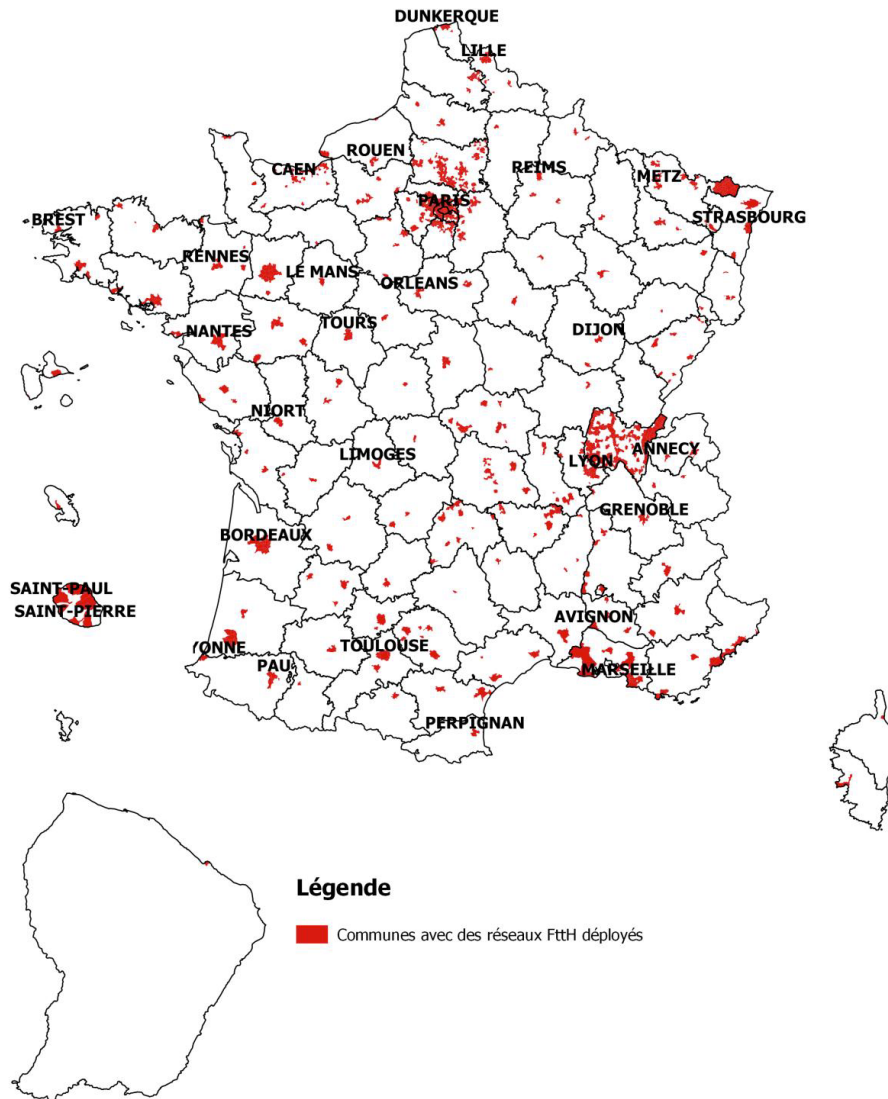


Figura 36. Despliegue de redes FTTH en Francia hasta septiembre de 2016

Fuente: Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes.

Para este subtema, se examinarán las ofertas, empleando fibra óptica, que Orange tiene disponibles en Francia; país donde de acuerdo a los últimos datos publicados por la empresa, acapara el mercado de servicios fijos de banda ancha con un 40.2%¹⁵⁹.

¹⁵⁹ Orange (2016). *Information financière du 3ème trimestre 2016*. p. 17. Francia: Orange. Obtenido en febrero 22, 2017 de la página: https://www.orange.com/fr/content/download/39185/1251684/version/2/file/CP_Orange_Q32016_25102016.pdf

Orange es un proveedor francés de servicios de telecomunicaciones que ofrece telefonía móvil, fija, Internet, Internet móvil y televisión IP en diversos países de Europa, África y Medio Oriente.

La historia de Orange Francia tuvo su origen en el operador de telefonía estatal creado en 1941 y conocido como *Direction Générale des Télécommunications*. En 1990, dicho operador se convierte en France Télécom y 7 años más tarde se privatiza parcialmente. Es en el año 2000 cuando France Télécom adquiere a Orange, quien era propiedad del operador británica Vodafone. La compra de Orange representó para France Télécom su expansión a países donde Orange ya operaba. Pese a que la compra se realizó en el año 2000, France Télécom comienza a operar bajo el nombre de Orange hasta 2012.

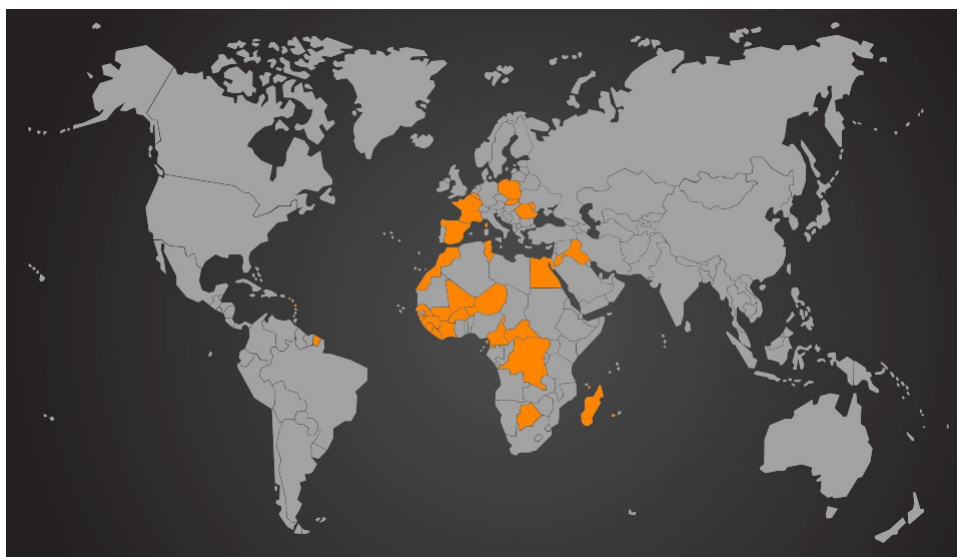


Figura 37. Presencia mundial actual de Orange

Fuente: Orange.

En el tercer trimestre de 2016, Orange contaba con 1.308 millones¹⁶⁰ de suscriptores vía FTTH en Francia, 1.411 millones¹⁶¹ en España y aproximadamente 200,000¹⁶² en el resto de los países europeos; contando así con alrededor de 2.9 millones de suscriptores en Europa.¹⁶³

¹⁶⁰ Orange (2016). *Le groupe. Investisseurs. Derniers résultats consolidés*. Francia: Orange. Obtenido en febrero 22, 2017 de la página: <https://www.orange.com/fr/Groupe/Investisseurs/Presentations-financieres/Derniers-resultats-consolides>

¹⁶¹ *Ibidem* 160.

¹⁶² Orange (2016). *Résultats financiers d'Orange*. p. 5. Francia: Orange. Obtenido en febrero 22, 2017 de la página: <https://www.orange.com/fr/content/download/39186/1251688/version/4/file/Q3%202016%20presentation%20FR%20sans%20script-%20vdef.pdf>

¹⁶³ *Ibidem* 162.

Orange, al igual que las empresas nacionales que hemos estudiado, tiene planes orientados a clientes residenciales y negocios. Para ambos clientes, la empresa tiene ofertas donde claramente se especifica que son entregados a través de fibra hasta la casa.

Para hogar, Orange ofrece paquetes *triple play* y *cuádruple play*; estos últimos además de telefonía fija, Internet y televisión, incluye el servicio de telefonía móvil.

En la Tabla 44 se encuentran los tres paquetes *triple play* mediante fibra óptica que Orange ofrece. Asimismo, en la Tabla 45 se muestra otra modalidad en paquetes *triple play* que incluye el plan de televisión *Famille* que consiste en una gama de canales exclusivos de *CANAL*.

Tabla 44. Paquetes *triple play* sobre fibra óptica que Orange ofrece a clientes residenciales en Francia

Nombre del paquete		Zen Fibre	Play Fibre	Jet Fibre
Internet	↓	100 Mbps	200 Mbps	500 Mbps
	↑	100 Mbps		200 Mbps
Telefonía	Llamadas a número fijos nacionales, de territorios franceses e internacionales ilimitadas			
	Llamadas a celulares de EUA y Canadá ilimitadas			
			Llamadas a celulares de Francia y territorios franceses ilimitadas	
			Llamadas a celulares de diversos países de Europa ilimitadas	
Televisión	160 canales, incluidos 40 en HD			
			160 GB para la grabación de video en HD	450 GB para la grabación de video en HD
Servicios adicionales	10 GB de almacenamiento para una computadora en la nube de Orange			
			Protección para hasta 5 dispositivos	
Precio mensual	19,99€ los primeros 12 meses, después 38,99€		25,99€ los primeros 12 meses, después 44,99€	33,99€ los primeros 12 meses, después 52,99€
	+3€ mensuales por el alquiler del router Livebox			
Precio mensual en MXN ¹⁶⁴	\$422.18 los primeros 12 meses, después \$823.46		\$548.90 los primeros 12 meses, después \$950.18	\$717.86 los primeros 12 meses, después \$1,119.14
	+ \$63.36 mensuales por el alquiler del router Livebox			

¹⁶⁴ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 23 de febrero de 2017 en Banamex, donde el Euro se vende en \$21.1234.

Tabla 45. Paquetes *triple play* con contenido exclusivo de CANAL entregados a clientes residenciales mediante fibra óptica

Nombre del paquete		Zen Fibre avec Famille by CANAL	Play Fibre avec Famille by CANAL	Jet Fibre avec Famille by CANAL
Internet	↓	100 Mbps	200 Mbps	500 Mbps
	↑	100 Mbps		200 Mbps
Telefonía	Llamadas a número fijos nacionales, de territorios franceses e internacionales ilimitadas			
	Llamadas a celulares de EUA y Canadá ilimitadas			
			Llamadas a celulares de Francia y territorios franceses ilimitadas	
				Llamadas a celulares de diversos países de Europa ilimitadas
Televisión	48 canales de la cadena CANAL, incluidos 40 en HD			
Precio mensual	24,99€ los primeros 12 meses, después 43,99€		30,99€ los primeros 12 meses, después 49,99€	
	+3€ mensuales por el alquiler del router Livebox			
Precio mensual en MXN ¹⁶⁵	\$527.78 los primeros 12 meses, después \$929.06		\$654.50 los primeros 12 meses, después \$1,055.78	
	+ \$63.36 mensuales por el alquiler del router Livebox			

Como fue mencionado anteriormente, Orange amplía su oferta en paquetes *triple play* añadiendo telefonía móvil. Los paquetes son llamados *Open* y en sus diferentes versiones pueden ser entregados a través de fibra óptica o ADSL/VDSL. En la Tabla 46 y Tabla 47 se exponen dichos planes.

¹⁶⁵ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 23 de febrero de 2017 en Banamex, donde el Euro se vende en \$21.1234.

Tabla 46. Paquetes *Open* de Orange entregados vía fibra óptica a clientes residenciales

Nombre del paquete		Open Mini	Open Zen	Open Play		Open Jet		
Internet	↓	100 Mbps		200 Mbps		500 Mbps		
	↑	100 Mbps				200 Mbps		
Nube		10 GB de almacenamiento en la nube de Orange				100 GB de almacenamiento en la nube de Orange		
Llamadas a número fijos nacionales, de territorios franceses e internacionales ilimitadas.								
Telefonía fija		Llamadas a celulares de EUA y Canadá ilimitadas.	Llamadas a celulares de Francia, territorios franceses, EUA y Canadá ilimitadas.		Llamadas a celulares de Francia, territorios franceses, Europa, EUA y Canadá ilimitadas.			
Telefonía móvil		50 MB de Internet	2 GB de Internet	20 GB de Internet	30 GB de Internet	30 GB de Internet	40 GB de Internet	
		2 horas de llamadas nacionales y a territorios franceses. Llamadas ilimitadas a 3 números nacionales.	Llamadas nacionales y a territorios franceses ilimitadas					
						Llamadas internacionales a números fijos ilimitadas		
						Llamadas a celulares de EU y Canadá ilimitadas		
				Llamadas ilimitadas a celulares de China				
Mensajes ilimitados a números de Francia y territorios								
		3 GB al año de Internet móvil			La cantidad de GB de Internet es la misma que para Francia			
		Desde territorios franceses: Llamadas a números nacionales y de Francia ilimitadas. 3 horas al año para llamadas a números de diversos países de Europa. Mensajes ilimitados			Desde territorios franceses: Llamadas y mensajes a números nacionales, de Francia y diversos países europeos ilimitados.			

			a números nacionales, de Francia y de diversos países de Europa.								
			Desde diversos países de Europa: 3 horas al año para llamadas a números nacionales, de Francia y de diversos países de Europa. Mensajes ilimitados a número nacionales, de Francia y de diversos países europeos.				Desde diversos países de Europa: Llamadas y mensajes a números nacionales, de Francia y territorios franceses ilimitados.				
	TV d'Orange: VOD, teniendo acceso a más de 70 canales de televisión disponibles en Francia										
Televisión	Hasta 160 canales, incluidos 40 en HD. Disponibles en televisión, smartphones, PC y tablets										
Precio mensual ¹⁶⁶	EP: A partir de 31,99€ durante 12 meses, después 41,99€	EP: A partir de 44,99€ durante 12 meses, después 54,99€	EP: A partir de 44,99€ durante 12 meses, después 64,99€	AE: A partir de 54,99€ durante 12 meses, después 74,99€	EP: A partir de 51,99€ durante 12 meses, después 71,99€	AE: A partir de 66,99€ durante 12 meses, después 86,99€	EP: A partir de 64,99€ durante 12 meses, después 84,99€	AE: A partir de 79,99€ durante 12 meses, después 99,99€	EP: A partir de 84,99€ durante 12 meses, después 104,99€.	AE: A partir de 104,99€ durante 12 meses, después 124,99€	
	+3€ mensuales por el alquiler del router Livebox										
Precio mensual en MXN ¹⁶⁷	EP: A partir de \$675.62 durante 12 meses, después \$886.82	EP: A partir de \$950.18 durante 12 meses, después \$1,161.38	EP: A partir de \$950.18 durante 12 meses, después \$1,372.58	AE: A partir de \$1,161.38 durante 12 meses, después \$1,583.78	EP: A partir de \$1,098.02 durante 12 meses, después \$1,520.42	AE: A partir de \$1,414.82 durante 12 meses, después \$1,837.22	EP: A partir de \$1,372.58 durante 12 meses, después \$1,794.98	AE: A partir de \$1,689.38 durante 12 meses, después \$2,111.78	EP: A partir de \$1,794.98 durante 12 meses, después \$2,217.38	AE: A partir de \$2,217.38 durante 12 meses, después \$2,639.78	
	+\$63.36 mensuales por el alquiler del router Livebox										

EP: Contando con equipo celular propio

AE: Adquiriendo equipo celular

¹⁶⁶ Estos precios corresponden a contratos por 12 meses en caso de contar con equipo propio y por 24 meses en caso de adquirir uno con Orange.

¹⁶⁷ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 23 de febrero de 2017 en Banamex, donde el Euro se vende en \$21.1234.

Tabla 47. Paquetes *Open* con contenido exclusivo de CANAL entregados vía fibra óptica a clientes residenciales

Nombre del paquete		Open Mini avec Famille by CANAL	Open Zen avec Famille by CANAL	Open Play avec Famille by CANAL		Open Jet avec Famille by CANAL	
Internet	↓	100 Mbps		200 Mbps		500 Mbps	
	↑	100 Mbps				200 Mbps	
Nube		10 GB de almacenamiento en la nube de Orange				100 GB de almacenamiento en la nube de Orange	
Telefonía fija		Llamadas a número fijos nacionales, de territorios franceses e internacionales ilimitadas.					
		Llamadas a celulares de EUA y Canadá ilimitadas.		Llamadas a celulares de Francia, territorios franceses, EUA y Canadá ilimitadas.		Llamadas a celulares de Francia, territorios franceses, Europa, EUA y Canadá ilimitadas.	
Telefonía móvil		50 MB de Internet	2 GB de Internet	20 de Internet	30 de Internet	30 GB de Internet	40 GB de Internet
		2 horas de llamadas nacionales y a territorios franceses. Llamadas ilimitadas a 3 números nacionales.		Llamadas nacionales y a territorios franceses ilimitadas			
						Llamadas internacionales a números fijos ilimitadas	
						Llamadas a celulares de EU y Canadá ilimitadas	
						Llamadas ilimitadas a celulares de China	
		Mensajes ilimitados a números de Francia y territorios					
		Mensajes ilimitados desde diversos países de Europa a los mismos, Francia y territorios franceses.		3 GB al año de Internet móvil		La cantidad de GB de Internet es la misma que para Francia	

		Desde territorios franceses: Llamadas a números nacionales y de Francia ilimitadas. 3 horas al año para llamadas a números de diversos países de Europa. Mensajes ilimitados a números nacionales, de Francia y de diversos países de Europa.	Desde territorios franceses: Llamadas y mensajes a números nacionales, de Francia y diversos países europeos ilimitados.	
		Desde diversos países de Europa: 3 horas al año para llamadas a números nacionales, de Francia y de diversos países de Europa. Mensajes ilimitados a número nacionales, de Francia y de diversos países europeos.	Desde diversos países de Europa: Llamadas y mensajes a números nacionales, de Francia y territorios franceses ilimitados.	
Televisión	48 canales de la cadena CANAL, incluidos 40 en HD			
Precio mensual	A partir de 32,99€ durante 12 meses, después 46,99€	A partir de 45,99€ durante 12 meses, después 59,99€	A partir de 45,99€ durante 12 meses, después 69,99€	A partir de 65,99€ durante 12 meses, después 89,99€
	+3€ mensuales por el alquiler del router Livebox			
Precio mensual en MXN ¹⁶⁹	A partir de \$696.74 durante 12 meses, después \$992.42	A partir \$971.3 durante 12 meses, después \$1,266.98	A partir \$971.3 durante 12 meses, después \$1,478.99	A partir \$1,393.7 durante 12 meses, después \$1,900.58
	+\$63.36 mensuales por el alquiler del router Livebox			

A diferencia de los paquetes *Open*, los planes *Fibre avec Famille by CANAL* no especifican la duración de contrato a la que corresponden los precios.

¹⁶⁹ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 23 de febrero de 2017 en Banamex, donde el Euro se vende en \$21.1234.

Como la mayoría de los operadores de telecomunicaciones, Orange también cuenta con ofertas para negocios interesados en los servicios de telecomunicaciones. Al igual que para clientes residenciales, existen ofertas específicas vía fibra óptica para este tipo de clientes.

En la siguiente tabla se abordará la primera de sus dos ofertas para negocios mediante fibra óptica:

Tabla 48. Paquetes *doble play* entregados vía fibra óptica que Orange tiene disponibles para empresas y negocios

Nombre del paquete		Internet pro fibre equilibrio	Internet pro fibre intense	La fibre pro equilibrio	La fibre pro intense
Internet	↓	Hasta 200 Mbps		Hasta 1 Gbps	
	↑	Hasta 200 Mbps		Hasta 940 Mbps	
Telefonía (VoIP)		Una línea telefónica		Dos líneas con un número único	
		Llamadas ilimitadas a números fijos nacionales e internacionales			
		2 horas de llamadas a celulares nacionales e internacionales	Llamadas ilimitadas a celulares nacionales e internacionales	2 horas de llamadas a celulares nacionales e internacionales	Llamadas ilimitadas a celulares nacionales e internacionales
Adicional		Correo electrónico personalizado			
		<i>Xambox</i> : Herramienta para la administración de archivos			
		<i>Messagerie Pro</i> :			
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sincronización de correo electrónico, agenda y contactos en computadoras, smartphones y tablets ▪ Permite enviar archivos, fax y SMS a los colaboradores de la empresa o negocio <ul style="list-style-type: none"> ▪ Permite compartir agenda y libreta de direcciones 			
Precio mensual		39,00€ (más impuestos) durante 12 meses, después 45,00€ (más impuestos)	44,00€ (más impuestos) durante 12 meses, después 50,00€ (más impuestos)	55,00€ (más impuestos) durante 12 meses, después 65,00€ (más impuestos)	65,00€ (más impuestos) durante 12 meses, después 75,00€ (más impuestos)
		+ 5€ (más impuestos) al mes por el alquiler del router Livebox			
Precio mensual en MXN ¹⁷⁰		\$823.68 (más impuestos) durante 12 meses, después \$950.4 (más impuestos)	\$929.28 (más impuestos) durante 12 meses, después \$1,056 (más impuestos)	\$1,161.6 (más impuestos) durante 12 meses, después \$1,372.8 (más impuestos)	\$1,372.8 (más impuestos) durante 12 meses, después \$1,584 (más impuestos)
		+ \$105.6 (más impuestos) al mes por el alquiler del router Livebox			

La segunda oferta de Orange es llamada *Orange Open Pro Fibre*, en ella el cliente tiene la posibilidad de armar el paquete de acuerdo su conveniencia y necesidades. El paquete incluye un plan

¹⁷⁰ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 23 de febrero de 2017 en Banamex, donde el Euro se vende en \$21.1234.

de Internet, una línea telefónica fija y hasta 4 líneas telefónicas móviles. La empresa tiene disponible una única oferta de Internet, a partir de ahí, el cliente puede elegir entre dos planes de telefonía fija y cuatro de telefonía móvil.

La Tabla 49 contiene las características del plan de Internet y los planes de telefonía por Internet y móvil.

Tabla 49. Alternativas en telefonía fija y móvil para contratación de un paquete *Orange Open Pro Fibre* para empresas y negocios

Internet			
↓		↑	
Hasta 1 Gbps		Hasta 200 Mbps	
Telefonía (VoIP)			
Équilibre		Intense	
Permite hacer o recibir dos llamadas simultáneamente			
Llamadas ilimitadas a números fijos nacionales e internacionales			
2 horas de llamadas a número celulares nacionales e internacionales		Llamadas a número celulares nacionales e internacionales ilimitadas	
Telefonía móvil			
Forfait mobile Initial Bloqué	Forfait mobile Equilibre	Forfait mobile Intense	Forfait mobile Intense travel
2 horas de llamadas nacionales	Llamadas ilimitadas a números fijos y celulares nacionales	Llamadas ilimitadas a números fijos y celulares nacionales, de la Unión Europea, Suiza, Andorra, EU, Canadá y a números fijos de Asia	Llamadas ilimitadas a números fijos y celulares nacionales, de la Unión Europea, Suiza, Andorra, EU, Canadá y a números fijos de Asia.
Llamadas ilimitadas a 3 números (fijos o móviles) nacionales			Más 2 horas de llamadas a números fijos de la zona de Maghreb.
SMS ilimitados	SMS/MMS ilimitados a números de cualquier operador	SMS ilimitados en Francia, UE, Suiza y Andorra	
500 MB para navegar	10 GB para navegar	17 GB para navegar en Francia, UE, Suiza y Andorra	25 GB para navegar en Francia, UE, Suiza y Andorra
			500 MB para navegar en EU y Canadá

Seguro contra accidentes y robo: 9€ al mes, por línea (con contrato por 12 meses)	Seguro contra accidentes y robo: 9€ al mes, por línea (con contrato por 12 meses)	Seguro contra accidentes y robo: 9€ al mes, por línea (con contrato por 12 meses)	Seguro contra accidentes y robo incluido
–	TV d'Orange: VOD, teniendo acceso a más de 70 canales de televisión disponibles en Francia	TV d'Orange: VOD, teniendo acceso a más de 70 canales de televisión disponibles en Francia	TV d'Orange: VOD, teniendo acceso a más de 70 canales de televisión disponibles en Francia

En la Tabla 50 se observan los precios del plan a contratar de acuerdo a los planes por los que haya optado el cliente:

Tabla 50. Precio de los paquetes Orange Open Pro Fibre para empresas y negocios

				Planes de telefonía móvil			
				Initial bloqueó	Équilibre	Intense	Intense travel
Planes de telefonía por Internet	Équilibre	Contrato por 24 meses	Precio mensual	73€	91€	109€	158€
			Precio mensual en MXN ¹⁷¹	\$1,541.76	\$1,921.92	\$2,302.08	\$3,336.96
		Contrato por 12 meses	Precio mensual	83€	99€	120€	175€
			Precio mensual en MXN	\$1,752.96	\$2,090.88	\$2,534.4	\$3,696
	Intense	Contrato por 24 meses	Precio mensual	83€	101€	119€	168€
			Precio mensual en MXN	\$1,752.96	\$2,133.12	\$2,513.28	\$3,548.16
		Contrato por 12 meses	Precio mensual	93€	109€	130€	185€
			Precio mensual en MXN	\$1,964.16	\$2,302.08	\$2,745.6	\$3,907.2

La fibra óptica de Orange también está presente en las soluciones IT que ofrece a grandes empresas y consorcios. Estas soluciones de las que hablamos son principalmente: *Cloud computing*, videoconferencias, voz y telefonía.

¹⁷¹ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 23 de febrero de 2017 en Banamex, donde el Euro se vende en \$21.1234.

5.2.3 Telia (Suecia)

De los países miembros de la OCDE, Suecia con el 51.7%¹⁷² ocupa el cuarto lugar hasta junio de 2016 en el listado de países con mayor número de suscriptores a banda ancha vía fibra óptica.

De acuerdo al último reporte sobre el mercado de las telecomunicaciones en Suecia publicado por la Autoridad Sueca de Correos y Telecomunicaciones (PTS, *Post- och telestyrelsen*) y que corresponde a la primera mitad del 2016, se reportó que hasta diciembre de ese año existían 3.5 millones¹⁷³ de conexiones fijas a banda ancha, de las cuales 1.8 millones¹⁷⁴ eran a través de fibra óptica.

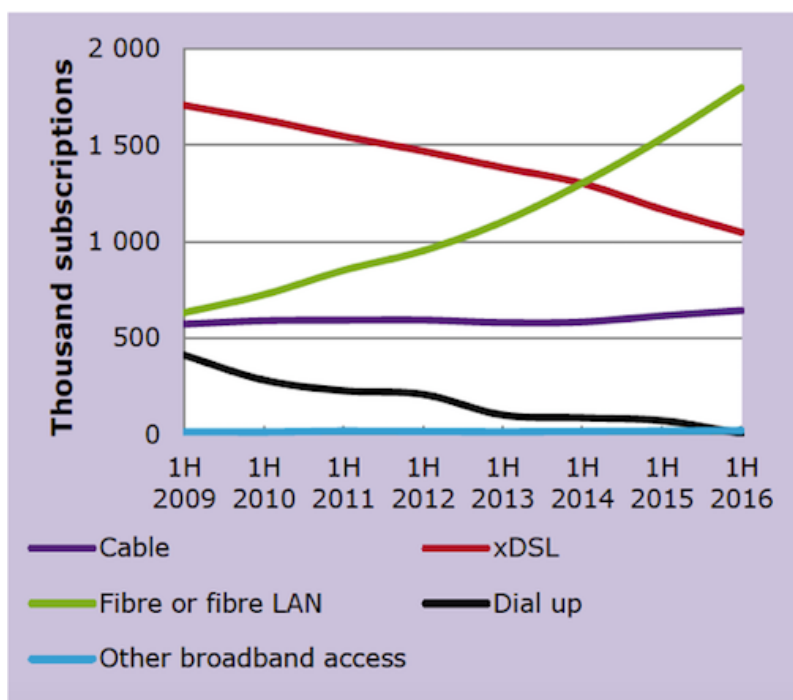


Figura 38. Crecimiento del uso de la fibra óptica en Suecia

Fuente: The Swedish Post and Telecom Authority.

La razón de analizar la oferta de Telia es su liderazgo en el mercado de banda ancha fija en Suecia. Como se puede observar en la figura 37, hasta junio de 2016 la empresa contaba con el 37.7% del mercado de suscriptores a banda ancha fija.

¹⁷² *Ibidem* 118.

¹⁷³ Fransén, K. (2016). *The Swedish Telecommunications Market – First Half-year 2016*. p. 8. Suecia: PTS. Obtenido en marzo 07, 2017 de la página: <https://www.pts.se/upload/Rapporter/Tele/2016/Swedish-Telecommunications-Market-2015.pdf>

¹⁷⁴ *Ibidem* 173, p. 8.

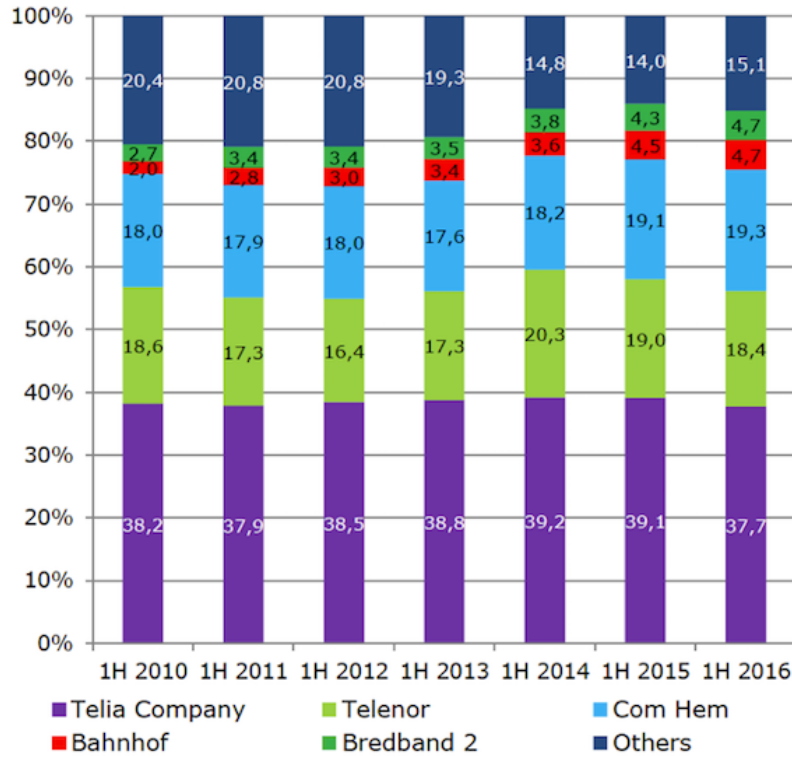


Figura 39. Mercado de servicios fijos de banda ancha en Suecia hasta junio de 2016

Fuente: The Swedish Post and Telecom Authority.

El reporte anual de 2016 de Telia menciona que al final de ese año se tenían 1.5 millones de hogares con servicios fijos conectados empleando fibra óptica.

Lo que hoy se conoce como Telia, nació en 1853 como *The Royal Electrical Telegraph Administration*, un monopolio estatal. Fue en 1993 cuando cambió su nombre a Telia y comienza a operar de manera independiente al gobierno sueco. En 2002 se fusiona con la empresa finlandesa Sonera, formando así la compañía TeliaSonera. A pesar de dicha fusión, la empresa continúa usando las marcas comerciales *Telia* y *Sonera* de forma independiente en sus países de origen.

Actualmente TeliaSonera tiene presencia en Azerbaiyán, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Georgia, Kazakstán, Letonia, Lituania, Moldavia, Noruega, Rusia, Suecia, Tayikistán, Turquía y Uzbekistán.

Sus servicios de telecomunicaciones, como el de las empresas que ya hemos estudiado, están dirigidos a clientes residenciales, negocios y empresas. Además, Telia ofrece a dueños inmobiliarios la instalación de fibra óptica en sus propiedades y la posibilidad de que quienes renten los inmuebles

elijan a Telia como el proveedor de servicios o a otra empresa. Por si fuera poco, la empresa sueca también tiene soluciones tecnológicas para el cuidado de la salud y para el transporte público.

La oferta comercial para hogares que Telia ofrece a través del medio óptico, esta se divide en planes exclusivos de acceso a Internet, paquetes *doble* y *triple play*.

En la Tabla 51 se resumen las características de los planes donde se ofrece únicamente Internet y algunos servicios adicionales.

Tabla 51. Paquetes de Internet que ofrece Telia mediante fibra óptica a clientes residenciales

Paquete	1	2	3	4		
Velocidad	↓ 10 Mbps	100 Mbps	250 Mbps	1000 Mbps		
	↑ 8-10 Mbps	50-100 Mbps				
Servicios adicionales incluidos	3 meses gratis de Spotify, F-Secure y Readly					
Precio mensual	329 kr	Con un plazo forzoso de 12 meses:	Sin plazo forzoso:	Con un plazo forzoso de 12 meses:	Sin plazo forzoso:	999 kr
		279 kr durante 6 meses, después 379 kr	499 kr	399 kr durante 6 meses, después 499 kr	499 kr	
Precio mensual en MXN ¹⁷⁵	\$720.51	Con un plazo forzoso de 12 meses:	Sin plazo forzoso:	Con un plazo forzoso de 12 meses:	Sin plazo forzoso:	\$2,187.81
		\$611 durante 6 meses, después \$830	\$1,092.81	\$873.81 durante 6 meses, después \$1,092.81	\$1,092.81	

En las siguiente tres tablas se resumen las particularidades de los dos paquetes *doble play* y el paquete *triple play* que Telia tiene disponibles. En el caso de los paquetes de la Tabla 53 y de la Tabla 54, el cliente paga por el servicio de telefonía únicamente por las llamadas que realiza. Es decir, el precio mensual es exclusivamente por el servicio de Internet o los servicios de Internet y televisión, habría que añadir los cargos por llamadas realizadas.

¹⁷⁵ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 07 de marzo de 2017 en Banamex, donde la Corona Sueca se vende en \$2.1907.

Tabla 52. Paquetes *doble play*: Internet y televisión entregados vía fibra óptica para hogares

Paquete	1	2	3	4		
Internet	↓		100 Mbps		250 Mbps	
	↑		50-100 Mbps			
Televisión	40 canales, incluidos 20 cuya programación puede ser vista por el cliente a la hora que desee	81 canales, incluidos 45 cuya programación puede ser vista por el cliente a la hora que desee	40 canales, incluidos 20 cuya programación puede ser vista por el cliente a la hora que desee	81 canales, incluidos 45 cuya programación puede ser vista por el cliente a la hora que desee		
	Varios de los canales pueden ser sintonizados desde smartphones, tablets y computadoras					
Servicios adicionales incluidos	3 meses gratis de Spotify, F-Secure y Readly					
Precio mensual ¹⁷⁶	449 kr durante 6 meses, después 658 kr	499 kr durante 6 meses, después 758 kr	569 kr durante 6 meses, después 778 kr	619 kr durante 6 meses, después 878 kr		
Precio mensual en MXN ¹⁷⁷	\$983.31 durante 6 meses, después \$1,441	\$1,092.81 durante 6 meses, después \$1,660	\$1,246.11 durante 6 meses, después \$1,703.82	\$1,355.61 durante 6 meses, después \$1,922.82		

Tabla 53. Paquetes *doble play*: Internet y telefonía entregados vía fibra óptica para hogares

Paquete	1	2	3	4		
Internet	↓	10 Mbps	100 Mbps	250 Mbps	1000 Mbps	
	↑	8-10 Mbps	50-100 Mbps			
Telefonía (VoIP)	20 öre (43¢) /min llamadas a números fijos de Suecia 69 öre (\$1.5) /min llamadas a celulares de Suecia					
Precio mensual	369 kr	Con un plazo forzoso de 12 meses: 339 kr durante 6 meses, después 419 kr	Sin plazo forzoso: 419 kr	Con un plazo forzoso de 12 meses: 399 kr durante 6 meses, después 539 kr	Sin plazo forzoso: 539 kr	999 kr
Precio mensual en MXN	\$808.11	Con un plazo forzoso de 12 meses: \$742.41 durante 6 meses,	Sin plazo forzoso: \$917.61	Con un plazo forzoso de 12 meses: \$873.81 durante 6 meses,	Sin plazo forzoso: \$1,180.41	\$2,187.81

¹⁷⁶ Todos los paquetes están sujetos a un plazo forzoso de 12 meses.

¹⁷⁷ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 07 de marzo de 2017 en Banamex, donde la Corona Sueca se vende en \$2.1907.

		después \$917.61		después \$1,180.41	
--	--	---------------------	--	-----------------------	--

Tabla 54. Paquetes *triple play* para hogares ofrecidos por Telia a través de fibra óptica

Paquete	1	2	3	4		
Internet	↓		100 Mbps		250 Mbps	
	↑		50-100 Mbps			
Telefonía (VoIP)	Llamadas a números fijos de Suecia: 20 öre (43¢)/min				Llamadas a celulares de Suecia: 69 öre (\$1.5)/min	
Televisión	40 canales, incluidos 20 cuya programación puede ser vista por el cliente a la hora que desee	81 canales, incluidos 45 cuya programación puede ser vista por el cliente a la hora que desee	40 canales, incluidos 20 cuya programación puede ser vista por el cliente a la hora que desee	81 canales, incluidos 45 cuya programación puede ser vista por el cliente a la hora que desee		
	Varios de los canales pueden ser sintonizados desde smartphones, tablets y computadoras					
Servicios adicionales incluidos	3 meses gratis de Spotify, F-Secure y Readly					
Precio mensual	Contrato por 12 mese					
	489 kr durante 6 meses, después 698 kr	539 kr durante 6 meses, después 798 kr	609 kr durante 6 meses, después 818 kr	659 kr durante 6 meses, después 918 kr		
Precio mensual en MXN ¹⁷⁸	\$1,070.91 durante 6 meses, después \$1,528.62	\$1,180.41 durante 6 meses, después \$1,747.62	\$1,333.71 durante 6 meses, después \$1,791.42	\$1,443.21 durante 6 meses, después \$2,010.42		

A partir de este punto se analizarán las propuestas para negocios que Telia ofrece mediante fibra óptica a empresas. Existen tres ofertas que únicamente incluyen el servicio de Internet, de estas tres modalidades el cliente elige la velocidad que más le convenga. Una cuarta opción es un paquete *doble play* de telefonía fija e Internet. La Tabla 55, que a continuación se muestra, resume las características más importantes de las cuatro ofertas antes mencionadas:

Tabla 55. Ofertas vía fibra óptica para clientes empresariales

Telia Bredband Start ¹⁷⁹				
↓	↑	Precio mensual sin plazo forzoso	Precio mensual con plazo forzoso de 12 meses	Precio mensual con plazo forzoso de 24 meses

¹⁷⁸ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 07 de marzo de 2017 en Banamex, donde la Corona Sueca se vende en \$2.1907.

¹⁷⁹ Los precios en moneda nacional fueron calculados tomando como referencia el tipo de cambio del día 07 de marzo de 2017 en Banamex, donde la Corona Sueca se vende en \$2.1907.

10 Mbps	10 Mbps	449 kr	\$983.31	419 kr	\$917.61	389 kr	\$851.91
100 Mbps	100 Mbps	599 kr	\$1,311.81	569 kr	\$1,246.11	539 kr	\$1,180.41
250 Mbps	100 Mbps	799 kr	\$1,749.81	769 kr	\$1,684.11	739 kr/	\$1,618.41
500 Mbps	100 Mbps	999 kr	\$2,187.81	969 kr	\$2,122.11	939 kr	\$2,056.41
1000 Mbps	100 Mbps	1199 kr	\$2,625.81	1169 kr	\$2,560.11	1139 kr	\$2,494.41
Telia Bredband Plus¹⁸⁰							
Redundancia Priorización de tráfico Ancho de banda garantizado Provee una conexión segura ya que la comunicación es a través de su propia red IP							
↓	↑	Precio mensual con contrato por un año		Precio mensual con contrato por 2 años		Precio mensual con contrato por 3 años	
10 Mbps	10 Mbps	1195 kr	\$2,617	1165 kr	\$2,551.35	1135 kr	\$2,485.65
100 Mbps	30 Mbps	1695 kr	\$3,712	1695 kr	\$3,712	1595 kr	\$3,493
100 Mbps	100 Mbps	1795 kr	\$3,931	1765 kr	\$3,931	1735 kr	\$3,799.65
300 Mbps	100 Mbps	2595 kr	\$5,683	2595 kr	\$5,683	2495 kr	\$5,464
Telia Bredband Pro							
4 niveles de acuerdos de nivel de servicio (SLA, <i>Service Level Agreement</i>) Respaldos 4G Portal web donde se pueden obtener estadísticas del consumo de Internet, los informes de SLA y registrarse para recibir información sobre interrupciones en curso y previstas							
↓	↑	Precio mensual					
La página de Telia sólo menciona que las velocidades disponibles van de 2 Mbps a 10 Gbps		La empresa dentro de su página de Internet no tiene publicados los precios de este tipo de paquetes					
Telia Kontor ¹⁸¹							
Telefonía: Llamadas ilimitadas a números fijos y móviles de Suecia Red de invitados							
↓	↑	Precio mensual con un plazo forzoso de 18 meses					
10 Mbps	10 Mbps	499 kr			\$1,092.81		
100 Mbps	100 Mbps	699 kr			\$1,530.81		

5.1.4 Telstra (Australia)

Pese a que Australia en junio de 2016 se encontraba en el lugar 21 de los países miembros de la OCDE en suscriptores de banda ancha mediante fibra óptica, de junio de 2015 a junio de 2016 reportó un

¹⁸⁰ Los precios en moneda nacional fueron calculados tomando como referencia el tipo de cambio del día 07 de marzo de 2017 en Banamex, donde la Corona Sueca se vende en \$2.1907.

¹⁸¹ Los precios en moneda nacional fueron calculados tomando como referencia el tipo de cambio del día 07 de marzo de 2017 en Banamex, donde la Corona Sueca se vende en \$2.1907.

incremento del 128.57% en suscriptores de este tipo; posicionándose así, como el país con mayor crecimiento en el número de abonados conectados a través de las arquitecturas FTTH, FTTP y FTTB.

De acuerdo al *Australian Bureau of Statistics*, hasta junio de 2016 habían 13.2 millones¹⁸² suscriptores de banda ancha, de los cuales, 960 mil¹⁸³ contaban con una conexión vía fibra óptica.

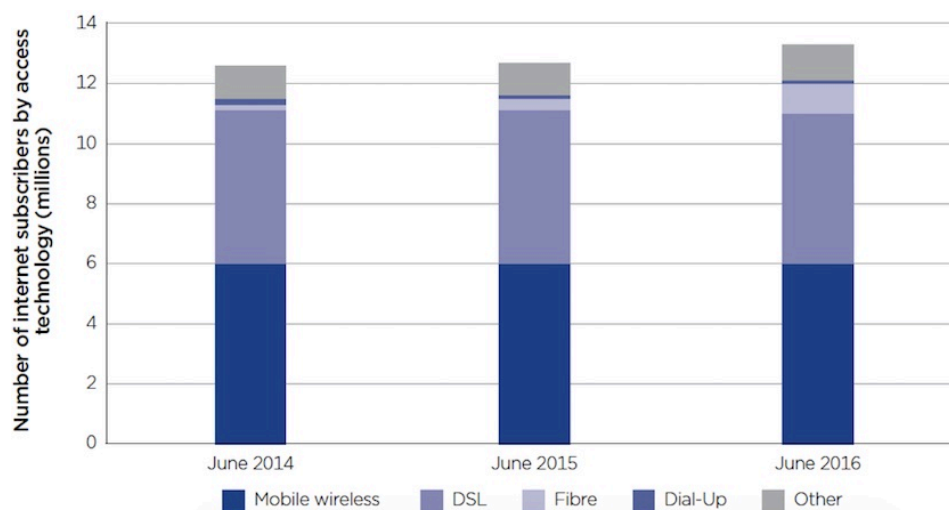


Figura 40. Suscriptores a Internet por tecnología en Australia

Fuente: Australian Competition and Consumer Commission

En el reporte *Price changes for telecommunications services in Australia*, publicado por la Comisión Australiana de Competencia y Consumidor (ACCC, *Australian Competition and Consumer Commission*), se encuentra la siguiente gráfica donde se aprecia el porcentaje del mercado de banda ancha fija que tiene cada operador en Australia.

¹⁸² Australian Bureau of Statistics (2016). *Internet Activity, Australia*. Australia: Australian Bureau of Statistics. Obtenido en marzo 13, 2017 de la página: <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/mf/8153.0/>

¹⁸³ *Ibidem* 182.

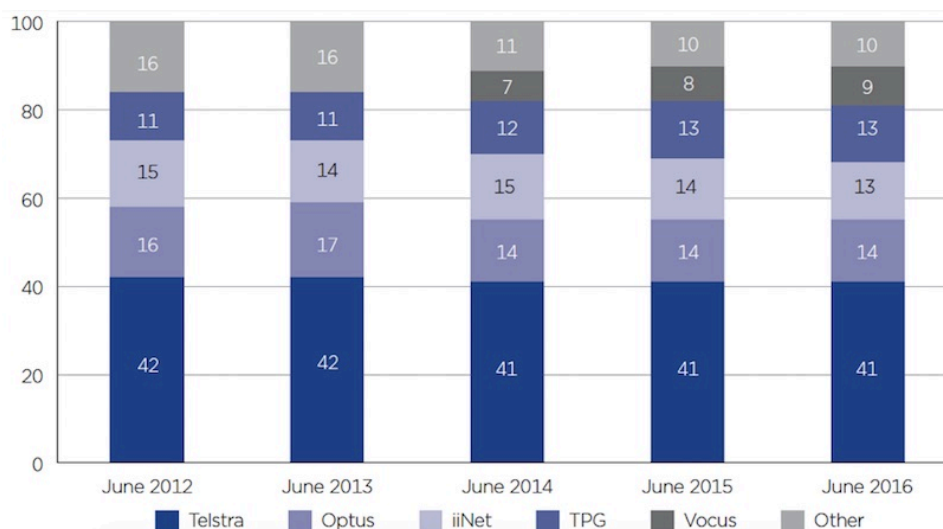


Figura 41. Mercado de banda ancha fija en Australia

Fuente: Australian Competition and Consumer Commission

Como podemos observar, Telstra domina ampliamente el mercado con el 41%. Por dicha razón, para el caso de Australia analizaremos los servicios de banda ancha fija que Telstra ofrece empleando la fibra como medio de transmisión.

La historia de Telstra comienza en la primera década del siglo XX con la creación del *Postmaster General's Department* (PGM), el cual se encargaba de la administración de los servicios postales, telegráficos y telefónicos. En la década de los 70's, el PMG se divide en la *Australian Postal Commission* y la *Australian Telecommunications Commission*, esta última iniciando operaciones bajo el nombre de Telecom. En 1992, Telecom se fusiona con Overseas Telecommunications Corporation y cambia su nombre a Telstra.¹⁸⁴

La oferta comercial de Telstra incluye servicios de telecomunicaciones para hogares, pequeños negocios y empresa. Igualmente, engloba soluciones tecnológicas para empresas y el sector salud.

Los servicios que ofrece Telstra empleando fibra óptica como medio de transmisión son entregados gracias al plan *New Broadband Network* (NBN). El proyecto NBN es una iniciativa del gobierno australiano donde también participan proveedores de servicios, consiste en la construcción de una red de telecomunicaciones a lo largo del territorio nacional con el objetivo de ampliar la cobertura de servicios de banda ancha fija. El despliegue del *backbone* de la red está a cargo de la

¹⁸⁴ Telstra (2017). *About Us. Our Company. Past*. Australia: Telstra. Obtenido en marzo 13, 2017 de la página: <https://www.telstra.com.au/aboutus/our-company/past>

empresa *nbn*, empresa propiedad de la Commonwealth y representada por ministerios accionistas: el Ministerio de Comunicaciones y el Ministerio de Finanzas. Por su parte, el proveedor elegido por el cliente se ocupa de la conexión entre el *backbone* y el domicilio del cliente para la entrega de los servicios.

Para el despliegue se utilizan tecnologías tanto alámbricas como inalámbricas. Las conexiones alámbricas se llevan a cabo a través de redes híbridas fibra-coaxial (HFC, *hybrid fiber coaxial*) y de las arquitecturas FTTP, FTTN y FTTB, principalmente en zonas urbanas. En zonas rurales y áreas donde los abonados se encuentran dispersos, se utilizan microondas terrestres y enlaces satelitales.

Las velocidades que la empresa *nbn* ofrece a los operadores de telecomunicaciones para la prestación de servicios son tres: 25, 50 y 100 Mbps.

En las tablas 56 y 57 se resumen las características de los paquetes que Telstra puede entregar mediante alguna de las arquitecturas FTTx que mencionamos anteriormente.

La Tabla 56 resume las particularidades de paquetes *doble play* que pueden ser contratados con y sin plazos forzosos. Además, en este tipo de paquetes el cliente paga por el servicio de telefonía únicamente por las llamadas que realiza. Es decir, el precio mensual o por 24 meses de servicios es exclusivamente por el servicio de Internet, habría que añadir los cargos por llamadas realizadas.

Tabla 56. Paquetes *doble play* para clientes empresariales que Telstra entrega gracias a la NBN en zonas donde se encuentran disponibles las arquitecturas FTTx

Nombre del paquete	Telstra Medium Broadband Bundle on the nbn		Telstra Large Broadband Bundle on the nbn	
Internet	500 GB mensuales para navegar		1000 GB mensuales para navegar	
	<i>Downstream</i> : 25 Mbps			
	<i>Upstream</i> : 5 Mbps			
Esta cantidad expira cada mes. Si se excede de esta cantidad de datos, la velocidad de transmisión disminuirá a 256 kbps				
Telefonía	Tarifa de conexión de llamada: 52¢/llamada Llamadas locales, a números fijos nacionales y celulares nacionales: 50¢/llamada			
Precio	Sin plazo forzoso	Con plazo forzoso	Sin plazo forzoso	Con plazo forzoso
	\$95 al mes	\$95x24 meses= \$2,280	\$115 al mes	\$115x24 meses= \$2,760

Cargos adicionales	Activación: \$89 + Por ser un plan sin plazo forzoso: \$120	Activación: \$89	Activación: \$89 + Por ser un plan sin plazo forzoso: \$120	Activación: \$89
Precio total	\$304 al mes	\$2,369 por 24 meses de servicio	\$324 al mes	\$2,849 por 24 meses de servicio
Precio en MXN ¹⁸⁵	\$4,575.2	\$35,653.45	\$4,876.2	\$42,877.45

También están disponibles paquetes *triple play* que, además de incluir el acceso a diferentes plataformas de *streaming* (a excepción del paquete *M*), se diferencia de los paquetes anteriores al incluir en el precio mensual, y por 24 meses, llamadas a números fijos locales y nacionales, números celulares de Australia y a números internacionales. El plan *Hottest Entertainment Bundle* es el único que, al igual que los paquetes *doble play* de la Tabla 56, el costo de la telefonía no está incluido en el costo y depende de las llamadas que realice el cliente. En la Tabla 57 se especifican las características de paquetes.

Tabla 57. Paquetes *doble* y *triple play* para clientes empresariales que Telstra entrega gracias a la NBN en zonas donde se encuentran disponibles las arquitecturas FTTx

Nombre del paquete	Telstra Home Internet Bundle Medium	Telstra Home Internet Bundle Large	Telstra Home Internet Bundle Extra Large	Hottest Entertainment Bundle
Internet	500 GB mensuales para navegar	1000 GB mensuales para navegar	1500 GB mensuales para navegar	1000 GB mensuales para navegar
	<i>Downstream</i> : 25 Mbps			
	<i>Upstream</i> : 5 Mbps			
Esta cantidad expira cada mes. Si se excede de esta cantidad de datos, la velocidad de transmisión disminuirá a 256 kbps				
Telefonía	Llamadas a números fijos locales y nacionales incluidas			Tarifa de conexión de llamada: 55¢/llamada Llamadas locales, a números fijos nacionales y celulares nacionales: 50¢/llamada
	Llamadas a números celulares de Australia		Llamadas ilimitadas a números fijos de 35 países y celulares de 17 de estos países	

¹⁸⁵ Los precios en moneda nacional fueron calculados tomando como referencia el tipo de cambio del día 14 de marzo de 2017 en Banamex, donde el dólar australiano se vende en \$15.05.

Telstra TV	×		Telstra TV es un servicio de VOD. Incluye la renta de 2 películas de reciente estreno en cine a través de BigPond Movies. Acceso a servicios de <i>streaming</i> como Netflix, Foxtel Play, Stan, entre otras. Incluye dos juegos en vivo a la semana de netball exclusivos de Telstra.				Incluye el paquete <i>Entretenimiento</i> de Foxtel: 45 canales. 3 meses de suscripción gratis a cualquiera de los siguientes paquetes Foxtel: <ul style="list-style-type: none"> • Deportes HD • Drama y películas
Precio	Sin plazo forzoso	Con plazo forzoso	Sin plazo forzoso	Con plazo forzoso	Sin plazo forzoso	Con plazo forzoso	Con plazo forzoso
	\$90 al mes	\$90×24 meses	\$120 al mes	\$120×24 meses	\$140 al mes	\$140×24 meses	\$99×24 meses = \$2,376
Cargos adicionales	Por ser un plan sin plazo forzoso: \$120	–	Por ser un plan sin plazo forzoso: \$120	–	Por ser un plan sin plazo forzoso: \$120	–	Instalación de Foxtel: \$100
Precio total	\$210 al mes	\$2,160 por 24 meses de servicio	\$240 al mes	\$2,880 por 24 meses de servicio	\$260 al mes	\$3,360 por 24 meses de servicio	\$2,476 por 24 meses de servicio
Precio en MXN ¹⁸⁶	\$3,160.5	\$32,508	\$3,612	\$43,344	\$3,913	\$50,568	\$37,263.8

En las siguientes tres tablas abordaremos los planes que Telstra ofrece y entrega mediante la infraestructura de fibra óptica de la NBN a clientes interesados en servicios de telecomunicaciones para su negocio.

Los paquetes que se exponen en la Tabla 58, denominados *Telstra Business Broadband Plans*, incluyen únicamente el servicio de Internet y se contratan por 24 meses.

Tabla 58. Paquetes *Telstra Business Broadband Plans* que Telstra ofrece a clientes dueños de pequeños negocios

Nombre del paquete	Telstra Business Broadband Plans Small	Telstra Business Broadband Plans Medium	Telstra Business Broadband Plans Large
--------------------	--	---	--

¹⁸⁶ Los precios en moneda nacional fueron calculados tomando como referencia el tipo de cambio del día 14 de marzo de 2017 en Banamex, donde el dólar australiano se vende en \$15.05.

Internet	200 GB mensuales para navegar	600 GB mensuales para navegar	2000 GB mensuales para navegar
	Downstream: 30 Mbps		
	Upstream: 1 Mbps		
Esta cantidad expira cada mes. El costo por datos extra es \$1 por GB (max. \$300 por mes)			
Precio	Con plazo forzoso		
	\$60x24= \$1,440 por 24 meses de servicio	\$80x24= \$1,920 por 24 meses de servicio	\$120x24= \$2,880 por 24 meses de servicio
Cargos adicionales	Activación: \$59 Instalación: \$192 (opcional)		
Precio total	\$1,499 por 24 meses de servicio	\$1,979 por 24 meses de servicio	\$2,939 por 24 meses de servicio
Precio en MXN ¹⁸⁷	\$22,559.95	\$29,783.95	\$44,231.95

La Tabla 59 resumen las características del paquete *Business Bundle Offer*, el cual incluye los servicios de telefonía e Internet.

Tabla 59. Paquete *Business Bundler Offer* para clientes dueños de pequeños negocios

Nombre del paquete	Business Bundle Offer
Internet	1000 GB mensuales para navegar. Esta cantidad expira cada mes. El costo por datos extra es \$1 por GB (max. \$300 por mes)
	Downstream: 25 Mbps
	Upstream: 5 Mbps
Telefonía	Llamadas locales incluidas Llamadas nacionales a líneas fijas estándar en Australia incluidas Llamadas a celular en Australia: 55¢ por conexión de llamada + 36¢/minuto Llamadas a 13 números: 40¢/llamada Llamadas internacionales: Se aplican tarifas de llamadas estándar
Precio	Plazo por 24 meses
	\$100x24= \$2,400 por 24 meses de servicio
Cargos adicionales	Activación: \$59
Precio total	\$2,459 por 24 meses de servicio
Precio en MXN ¹⁸⁸	\$37,007.95

La tabla que a continuación se muestra, expone las particularidades de los planes *dobles play* llamados *Digital Office Technology*.

¹⁸⁷ Los precios en moneda nacional fueron calculados tomando como referencia el tipo de cambio del día 14 de marzo de 2017 en Banamex, donde el dólar australiano se vende en \$15.05.

¹⁸⁸ Los precios en moneda nacional fueron calculados tomando como referencia el tipo de cambio del día 14 de marzo de 2017 en Banamex, donde el dólar australiano se vende en \$15.05.

Tabla 60. Paquetes *Digital Office Technology* para clientes dueños de pequeños negocios

Nombre del paquete	DOT Small	DOT Medium	DOT Large
Internet	500 GB mensuales para navegar	1000 GB mensuales para navegar	2000 GB mensuales para navegar
	Downstream: 25 Mbps		
	Upstream: 5 Mbps		
	Esta cantidad expira cada mes. El costo por datos extra es \$1 por GB (Máximo \$300 por mes)		
Telefonía (VoIP)	Llamadas a números locales incluidas		
	30¢/llamada a números fijos nacionales	Llamadas a número fijos nacionales incluidas	
	30¢ por conexión de llamada + 30¢/min a celulares de Australia		Llamadas a celulares de Australia incluidas
	Se aplican tarifas de llamadas estándar a llamadas internacionales		Llamadas ilimitadas a números fijos de 35 países
			Llamadas ilimitadas a números celulares de 17 países
Precio	Con plazo forzoso		
	\$80x24= \$1,920 por 24 meses de servicio	\$100x24= \$2,400 por 24 meses de servicio	\$150x24= \$3,600 por 24 meses de servicio
Cargos adicionales	Activación: \$59		
Precio total	\$1,979	\$2,459	\$3,659
Precio total en MXN ¹⁸⁹	\$29,783.95	\$37,007.95	\$55,067.95

Es posible aumentar la velocidad de todos los paquetes pagando un precio adicional mensual. A continuación, se muestra una tabla con dichos costos:

Tabla 61. Precios adicionales por el aumento de velocidad

Velocidad	Precio adicional mensual	Precio adicional mensual en MXN ¹⁹⁰
50 Mbps	\$20	\$301
100 Mbps	\$30	\$451.5

¹⁸⁹ Los precios en moneda nacional fueron calculados tomando como referencia el tipo de cambio del día 14 de marzo de 2017 en Banamex, donde el dólar australiano se vende en \$15.05.

¹⁹⁰ Los precios en moneda nacional fueron calculados tomando como referencia el tipo de cambio del día 14 de marzo de 2017 en Banamex, donde el dólar australiano se vende en \$15.05.

Finalmente, mencionaremos algunos de los servicios que Telstra ofrece y que pueden ser entregados vía fibra óptica a empresas e instituciones gubernamentales: Nube, colaboración, renta de infraestructura y seguridad informática.

5.2.4 Antel (Uruguay)

En Uruguay, durante 2015, habían 26.27 suscripciones a banda ancha fija por cada 100 habitantes; lo que lo llevaba a ocupar el lugar número uno entre los países de Latinoamérica y el lugar 41 de los 187 países enlistados en el documento de la UIT: *The State of Broadband: Broadband catalyzing sustainable development*.¹⁹¹

El organismo uruguayo encargado de la regulación y el control de las actividades referidas a las telecomunicaciones, la Unidad Reguladora de Servicios de Comunicaciones (URSEC), publicó en el documento *Evolución del sector de telecomunicaciones en Uruguay* que hasta junio de 2016 existían 914,564 suscriptores a banda ancha fija, de estos, el 62% eran vía fibra óptica.¹⁹²

En el mismo documento, puede observarse que Antel es prácticamente quien tiene acaparado todo el mercado de las telecomunicaciones en Uruguay; incluyendo el mercado de los servicios de banda ancha fija (ver Figura 44).

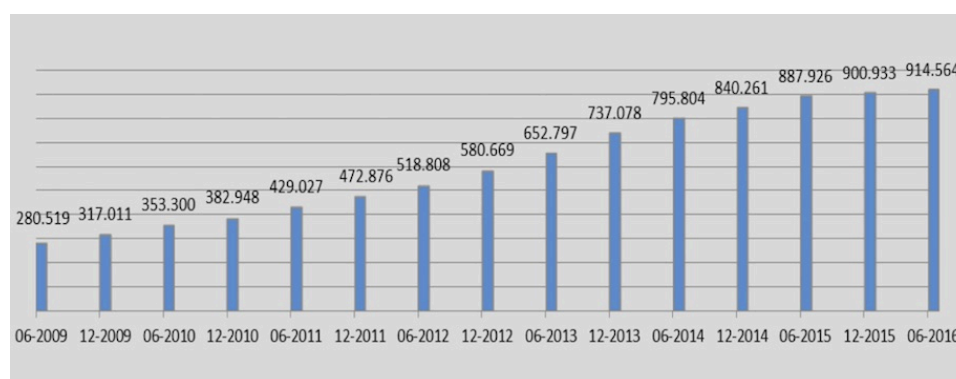


Figura 42. Número de suscriptores a banda ancha fija en Uruguay hasta junio de 2016

Fuente: Unidad Reguladora de Servicios de Telecomunicaciones.

¹⁹¹ Broadband Commission (2016). *The State of Broadband: Broadband catalyzing sustainable development*. p. 90. Obtenido en marzo 21, 2017 de la página: https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/pol/S-POL-BROADBAND.17-2016-PDF-E.pdf

¹⁹² URSEC (2016). *Evolución del sector de telecomunicaciones en Uruguay*. Uruguay: URSEC. Obtenido en marzo 22, 2017 de la página: https://www.ursec.gub.uy/wps/wcm/connect/ursec/e2763c0b-5780-4f0f-88bb-f55db2bd999e/Informe+Telecomunicaciones+%28junio+2016%29+Corregido..pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&ACHEID=e2763c0b-5780-4f0f-88bb-f55db2bd999e

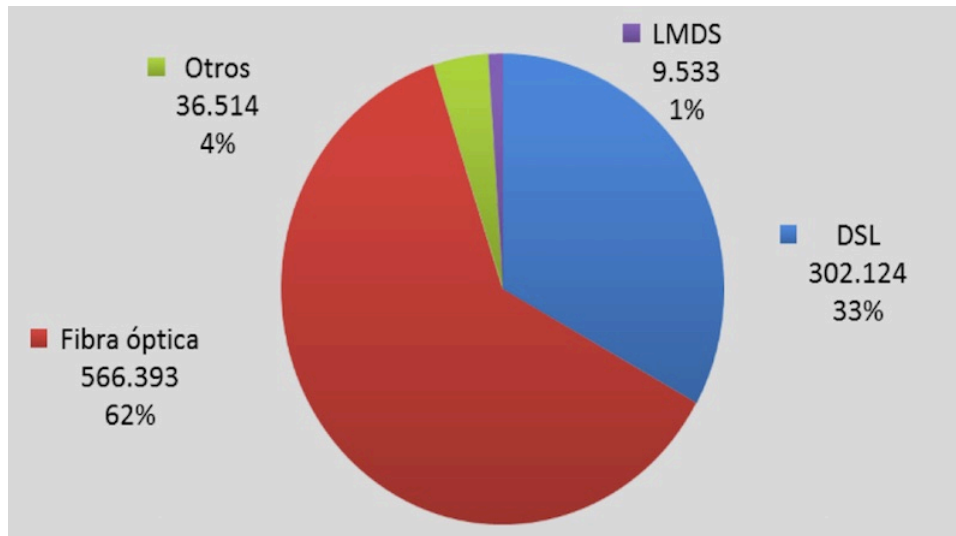


Figura 43. Suscriptores a banda ancha fija por tecnología de acceso en Uruguay hasta junio de 2016
Fuente: Unidad Reguladora de Servicios de Telecomunicaciones.

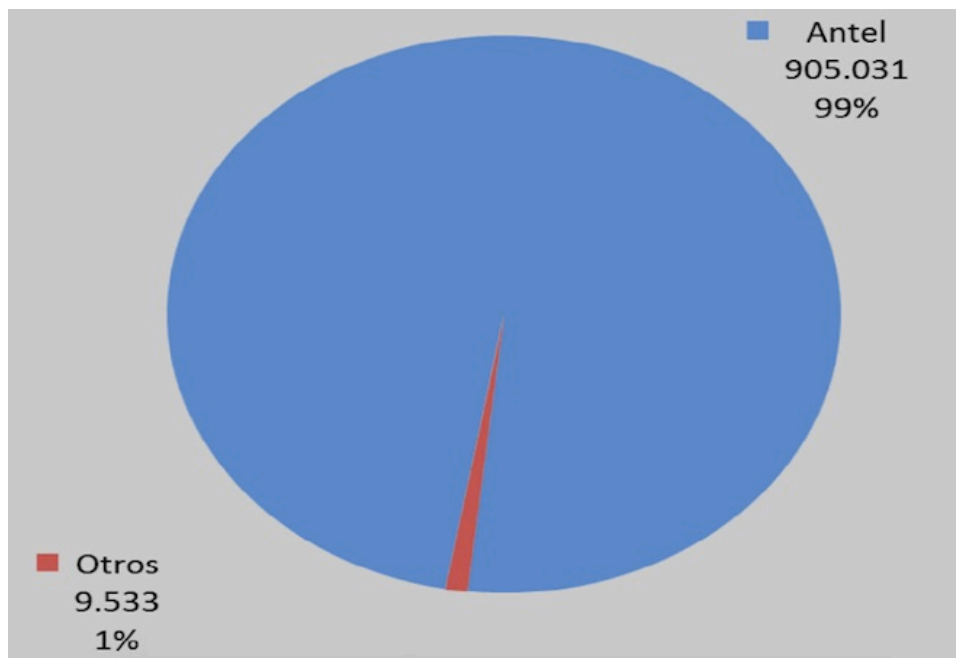


Figura 44. Suscriptores a banda ancha por operador en Uruguay hasta junio 2016
Fuente: Unidad Reguladora de Servicios de Telecomunicaciones.

La Administración Nacional de Telecomunicaciones (Antel) es un servicio descentralizado propiedad del Estado Uruguayo desde 1974 que se encarga de proveer servicios de telecomunicaciones a nivel nacional.

Antel pone a disposición de los usuarios particulares y empresariales uruguayos servicios de telefonía fija y móvil, Internet, plataformas de *streaming* y soluciones TIC.

En primera instancia, se estudiarán los planes y servicios de banda ancha fija que pueden ser entregados a clientes residenciales a través de fibra, dependiendo de la cobertura que Antel tenga. A diferencia de los operadores en México, Antel no ofrece paquetes que además de Internet introduzcan telefonía fija y televisión. Sus paquetes incluyen Internet y suscripciones gratuitas por determinado tiempo a versiones digitales de algunos periódicos de circulación nacionales y a plataformas de *streaming*.

Antel cuenta con dos tipos de planes de Internet. Los primeros son planes con costos mensuales fijos, independientemente de la cantidad de datos que se utilicen durante el mes (ver Tabla 62). Los segundos, son planes donde se cobra sí se excede la cantidad de datos de navegación incluidos en el plan (ver Tabla 63).

Tabla 62. Planes de banda ancha fija para hogar con precios mensuales fijos de Antel

Nombre del paquete		Vera en tu hogar Básico	Vera en tu hogar Plus	Fibra + Entretenimiento	Vera en tu hogar Premium	Fibra + Entretenimiento Plus
Internet	↓	30 Mbps	60 Mbps		120 Mbps	150 Mbps
	↑	4 Mbps	10 Mbps		12 Mbps	
		150 GB	200 GB	400 GB	350 GB	700 GB
Datos para navegar		Si se excede esta cantidad, la velocidad podría bajar hasta 3072/512 kbps	Si se excede esta cantidad, la velocidad podría bajar hasta 6/1 Mbps		Si se excede esta cantidad, la velocidad podría bajar hasta 12/1 Mbps	
Equipos y servicios adicionales incluidos		Receptor: Receptor de señales de Televisión Digital Terrestre o abierta (TDT) y de contenido multimedia por Internet				
		Suscripción gratuita por un año de El Observador+				
		Suscripción gratuita por 3 meses de Netflix				
Precio mensual		Contrato por 2 años				
		\$890	\$1,180	\$1,390	\$1,720	\$2,040
Precio mensual en MXN ¹⁹³		\$605.2	\$802.4	\$945.2	\$1,169.6	\$1,387.2

¹⁹³ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 22 de marzo de 2017 en Banamex, donde el Peso Uruguayo se vendía en \$0.6819.

Tabla 63. Planes de banda ancha fija para hogar con costo extra por MB adicional

Nombre del paquete		Vera en tu hogar Flexible	
Internet	↓	30720 kbps	
	↑	4096 kbps	
Datos para navegar		15 GB	30 GB
		El costo por datos adicionales es de \$0.22 por MB (Máximo \$2,300 por mes)	
Promociones incluidas		Doble de datos para navegar	
Precio mensual		\$320	\$590
Precio mensual en MXN ¹⁹⁴		\$217.6	\$401.2

Los planes de banda ancha fija vía fibra óptica para negocios de Antel están orientados a micro, pequeñas, medianas y grandes empresas. En la Tabla 64, que a continuación se presenta, se muestran los planes disponibles para clientes empresariales.

Tabla 64. Planes de Internet de Antel para empresas

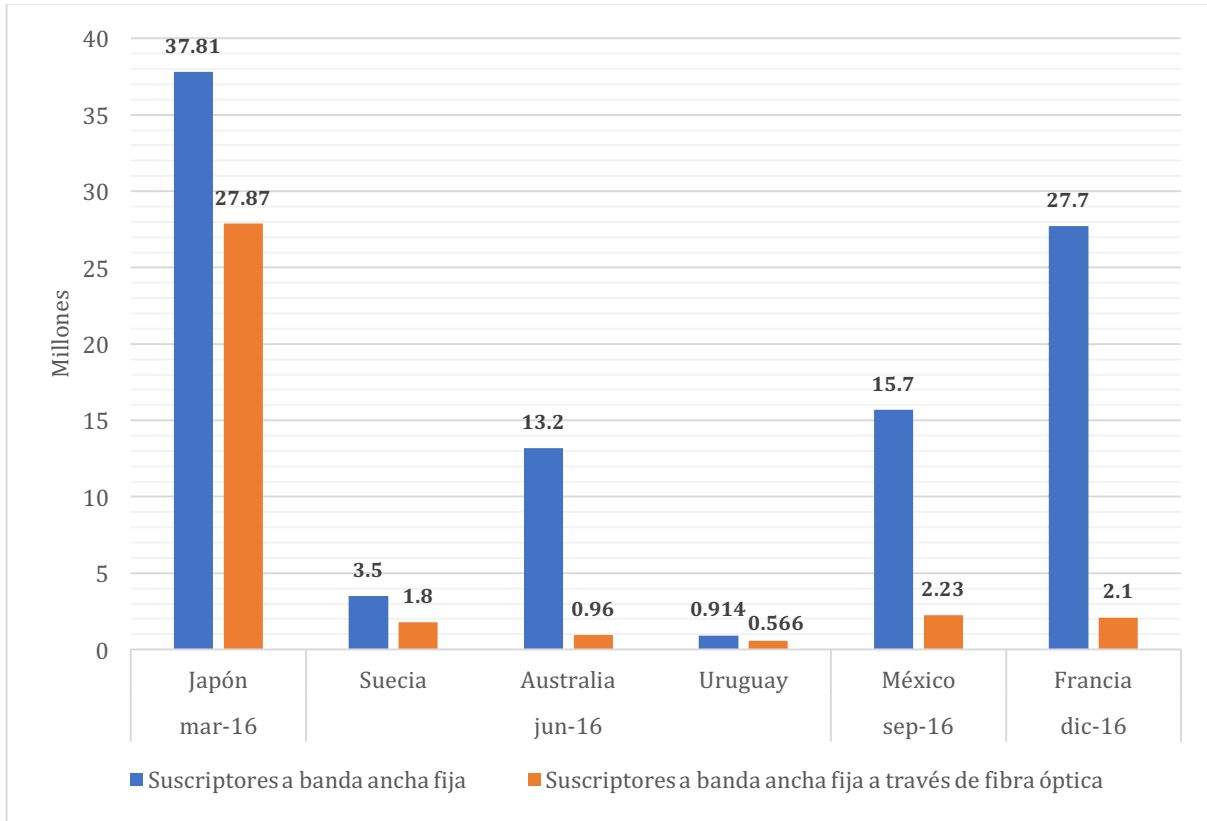
Nombre del plan	Internet corporativo	Internet emprendedor		Internet pyme		Vera pyme			
Características	Orientado a medianas y grandes empresas. Se implementa en una red MPLS. Incluye hasta 29 IPs públicas fijas (prefijo /27) Monitoreo de tráfico a través del Portal de Gestión de Servicios para Empresas de Antel.	Orientado a pequeñas y medianas empresas. Se implementa en una red MPLS. Incluye 5 IPs públicas fijas. 200 min. de larga distancia internacional gratis a ciertos países para los servicios que utilizan fibra como medio de acceso		Orientado a micro y pequeñas empresas. Una IP pública fija.		Servicio orientado a pequeñas y medianas empresas, implementado sobre la red FTTH de última generación de Antel. Dominio gratis.			
Velocidad en fibra (Mbps)	Desde 2 Mbps hasta 100 Mbps (Tráfico simétrico)	↓	↑	↓	↑	Básico		Plus	
		30	10	30	10	↓	↑	↓	↑
		60	10			60	10	120	20
		80	30						
120	20								

Además de los planes antes descritos, Antel cuenta con servicios de centros de datos y videoconferencias empleando fibra óptica como medio de transmisión.

¹⁹⁴ Tomando como referencia el tipo de cambio del día 22 de marzo de 2017 en Banamex, donde el Peso Uruguayo se vendía en \$0.6819.

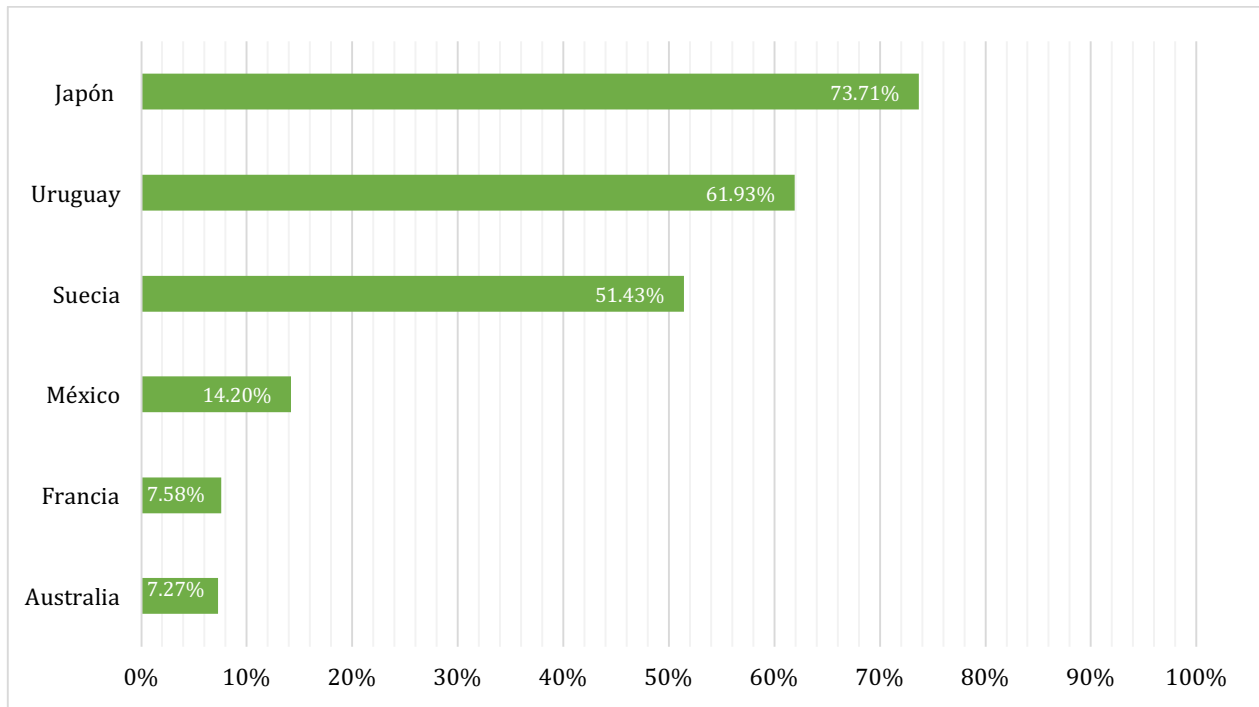
5.3 Comparación entre el mercado mexicano e internacional

De acuerdo a los datos obtenidos sobre suscriptores a servicios fijos de banda ancha y cuántos de ellos lo eran teniendo como tecnología de acceso a la fibra óptica en México y los países del mercado internacional analizados, se realizó la Gráfica 3, comparando ambas cifras de cada país.



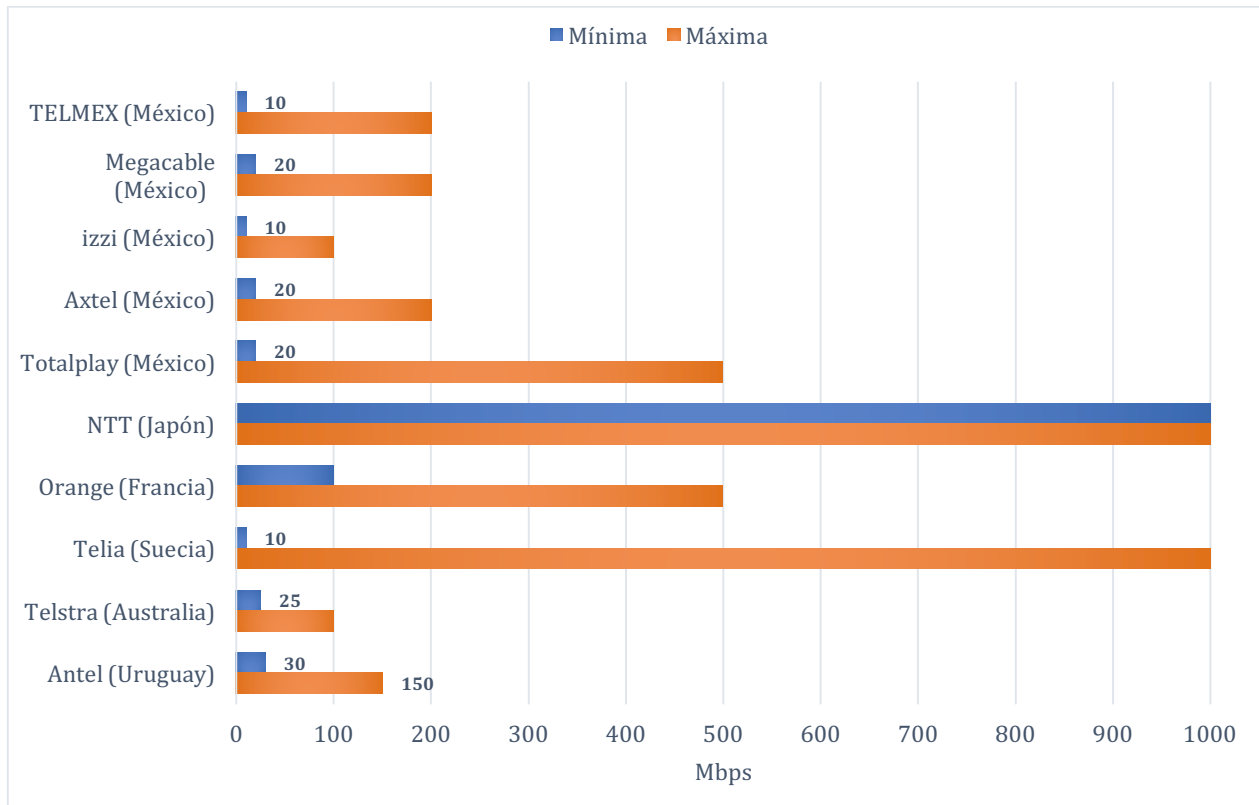
Gráfica 3. Suscripciones a banda ancha fija y a banda ancha fija a través de fibra óptica

A partir de dichas cifras, se calculó el porcentaje que representaban las conexiones mediante fibra óptica del total de suscriptores a banda ancha fija en cada país hasta la fecha en que fue publicada la información por las dependencias y organismos correspondientes. Los resultados pueden ser observados en la siguiente gráfica (ver Gráfica 4).



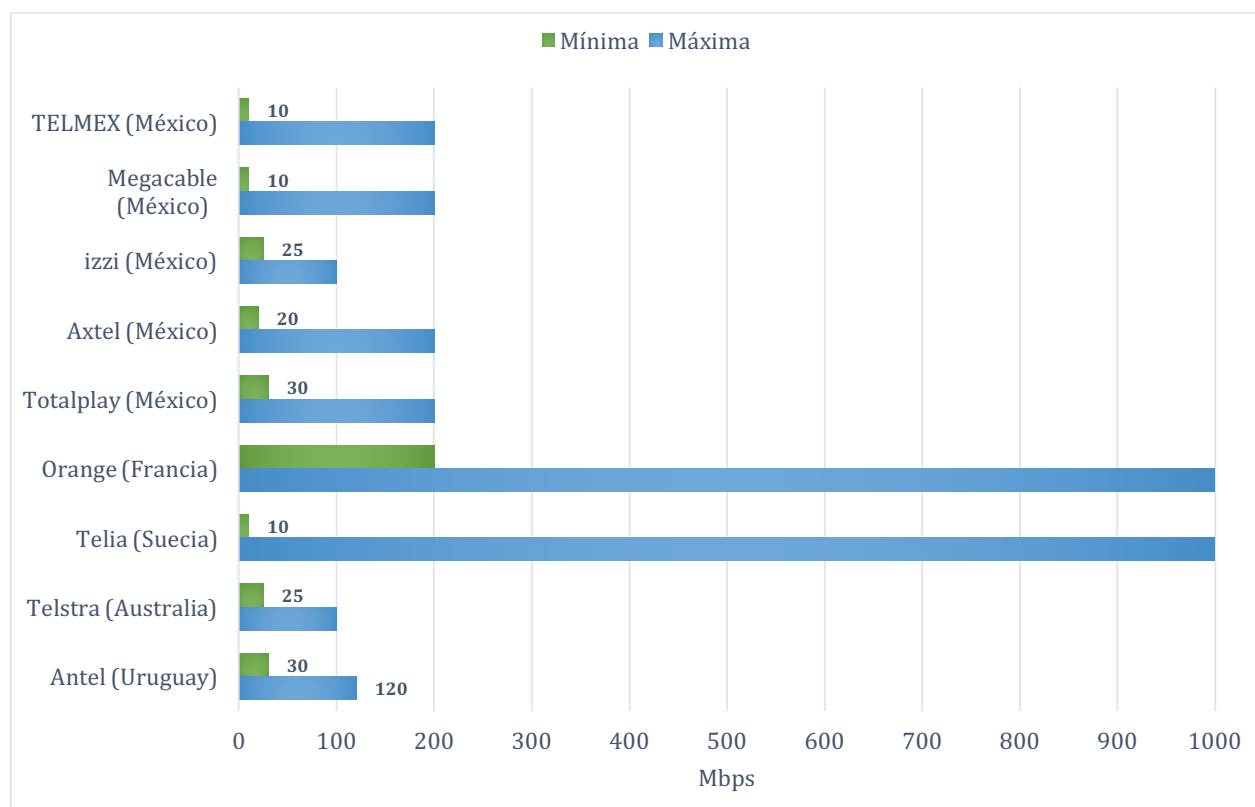
Gráfica 4. Porcentaje de suscripciones de banda ancha a través de fibra óptica

Basadas en las ofertas comerciales de los proveedores, tanto mexicanos como internacionales, se elaboraron la Gráfica 5 y la Gráfica 6, donde se comparan las velocidades máximas y mínimas que cada operador entrega a hogares y negocios.



Gráfica 5. Velocidades *download* mínimas y máximas ofrecidas en servicios para hogar a través de fibra óptica

Como se puede observar, los operadores con las velocidades de descarga máximas más altas son NTT y Telia, con 1 Gbps ambos. En segundo lugar, se encuentran Orange y la empresa mexicana Totalplay, con 500 Mbps ambas compañías. Asimismo, son las empresas TELMEX, izzi y Telia cuya oferta empleando fibra contiene las velocidades mínimas de descarga más bajas.

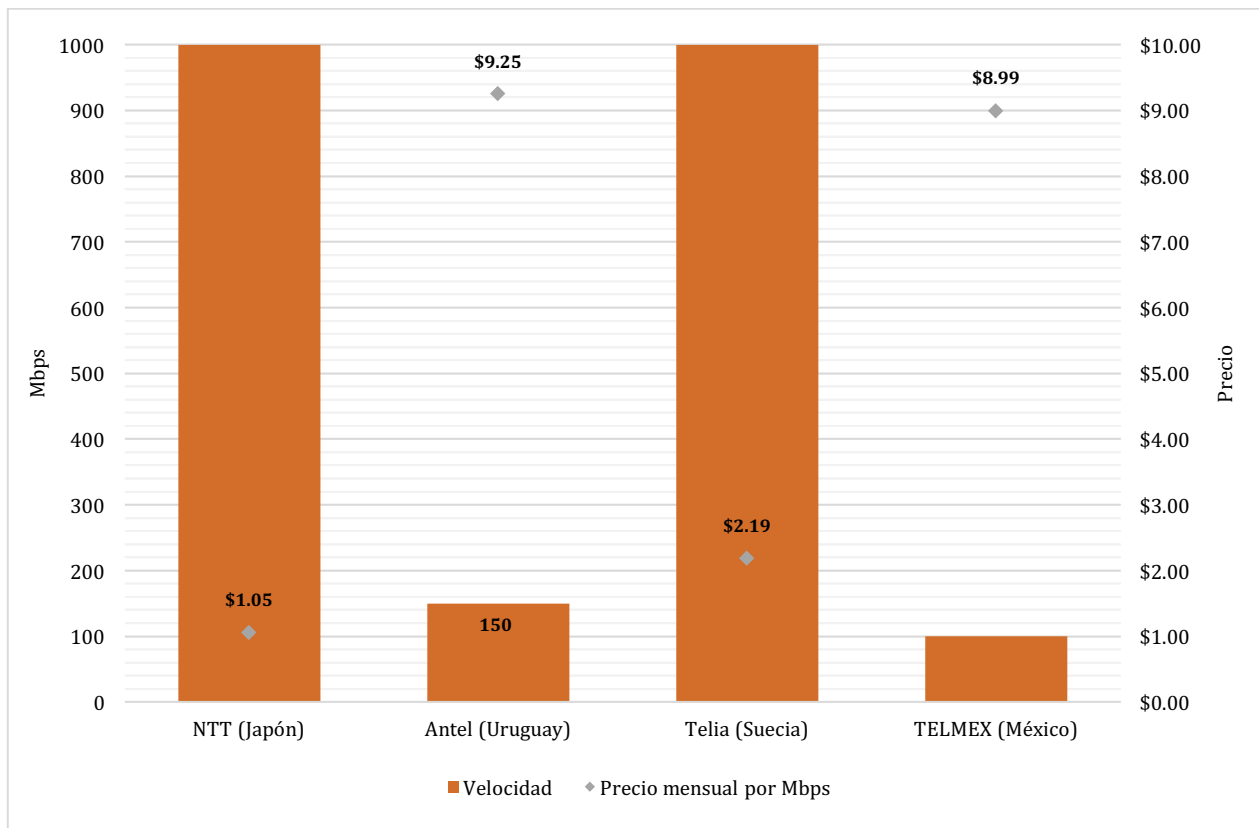


Gráfica 6. Velocidades *download* máximas y mínimas ofrecidas en servicios para negocio a través de fibra óptica

La Gráfica 6 muestra que son Orange y Telia quienes cuentan con las velocidades máximas más altas en cuanto a servicios para negocios. Axtel y Totalplay ocupan el segundo lugar, y el primer lugar a nivel nacional. TELMEX, Megacable y Telia son los operadores con las velocidades mínimas más bajas ofrecidas a clientes interesados en los servicios de telecomunicaciones para su negocio.

En la gráfica anterior no aparece la empresa japonesa NTT, ya que como se mencionó en el subtema 8.2.1 dedicado a la oferta comercial de dicha empresa, no se incluyeron en este trabajo los planes con los que el operador cuenta debido a que la información se encontraba únicamente en japonés.

Por otra parte, tomando como referencia los planes para hogar donde exclusivamente se ofrece el servicio de Internet, se calculó el precio por Mbps que estarían cobrando los proveedores con este tipo de planes. No se consideraron todos los operadores debido a que no todos ofrecen planes únicamente de Internet (ver Gráfica 7).



Gráfica 7. Precio en moneda nacional por Megabit de velocidad en planes de Internet para hogar

Se puede observar en la gráfica anterior que NTT es el operador de telecomunicaciones que ofrece el precio más bajo por Megabit de velocidad. Caso contrario es Antel, quien tiene el servicio más caro al cobrar \$9.25 por Megabit de velocidad. TELMEX se encuentra justo después de Antel, percibiendo \$8.99 por cada Mbps.

Hasta este punto, se han expuesto las características de los servicios que ofrecen los principales proveedores de telecomunicaciones en México país a través de fibra óptica. Asimismo, en conocer aquellos proyectos de licitación en los que algunos de ellos se han beneficiado con la obtención de hilos de fibra para su explotación, ya sea para fines propios o como parte de algún proyecto, como lo es la Red Compartida.

Así como algunas empresas se han favorecido de los proyectos de licitación, TELMEX ha sido sujeta a una serie de obligaciones impuestas por el Instituto Federal de Telecomunicaciones, debido a su título de agente preponderante en la prestación de servicios de telecomunicaciones.

Aun cuando TELMEX cuenta con la red de fibra ópticas más extensa del país, y se ha aprovechado la infraestructura con presencia a nivel nacional de fibra de la Comisión Federal de Electricidad, se pudo observar que los operadores de telecomunicaciones concentran sus servicios vía fibra en las ciudades más importantes del país, las cuales resultan interesantes, económicamente, para invertir en sus servicios.

Finalmente, abordamos los datos más relevantes del desarrollo del mercado de la fibra óptica para la prestación de servicios en diversos países del mundo. Los datos a nivel nacional, como la información reunida de los proveedores más importantes de cada país, permitió llevar a cabo la comparación de ciertos aspectos entre el mercado nacional e internacional.

Será en el siguiente capítulo donde, de manera general, haremos evaluación del estado de las comunicaciones ópticas en México de acuerdo a lo investigado a lo largo de este trabajo en materia jurídica, de políticas públicas y del mercado.

Capítulo 6. Diagnóstico de la situación actual de las comunicaciones ópticas en México

La elaboración del presente trabajo tuvo por objeto analizar el estado y desarrollo de las comunicaciones ópticas en México a partir del estudio de los mercados nacional e internacional de servicios, de los documentos jurídicos y políticas públicas más importantes en materia de telecomunicaciones de los últimos años y de la actual administración encabezada por el presidente Enrique Peña Nieto. Con este análisis se pudo elaborar un diagnóstico que permita comprender el contexto e identificar las necesidades y potencialidades de los servicios de telecomunicaciones entregados mediante fibra óptica.

Las comunicaciones ópticas es un tema relativamente nuevo en el país; pero, que ya ha sido contemplado dentro de las políticas públicas del sexenio anterior y actual, así como en la más reciente Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión. Aun cuando han sido consideradas dentro de dichos documentos, se debe puntualizar que su aportación al desarrollo de las comunicaciones ópticas es deficiente.

Inicialmente, se debe tener presente que en México no se ha reconocido como un derecho humano el acceso a Internet. Aunado a ello, no hay una política pública específica de banda ancha, lo que se considera, ha tenido repercusiones negativas en el crecimiento de las comunicaciones ópticas –entendiendo a la fibra óptica como el medio de transmisión alámbrico más utilizado en el área de la banda ancha-. La carencia de alguna de esta política deja entrever que para el gobierno mexicano no ha sido una prioridad la planeación de un proyecto que contribuya al desarrollo social y que, fundamentalmente, busque la inclusión digital a través del fomento a la inversión y la competencia.

Al no existir ni una política pública ni de estado, sólo quedó analizar lo propuesto por la única política pública relacionada –la Estrategia Digital Nacional-, cuyo enfoque son las TIC y por el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Ambos documentos, al abordar diversos temas y no uno en particular, describen en dos o tres líneas la metas sobre aumentar el uso de Internet a través del despliegue de nuevas redes de fibra óptica y ampliar la red troncal de fibra de CFE para acercarla a zonas desatendidas del país. Ni en la Estrategia Digital Nacional ni en el Plan Nacional de Desarrollo

se detalla características básicas: en qué consistirá el proyecto para llegar a las metas, quiénes participaran, en cuántos años se proyecta estén concretadas, a cuántas personas se beneficiará, entre otras. Con intenciones ambiguas y escuetas, como las halladas, se torna difícil ver concretadas las metas planteadas; puesto que, para ver avances se necesita de un proyecto amplio y sólido.

El sexenio está a un año y medio de finalizar y hasta ahora, no existe información precisa acerca de la ampliación de la red troncal de la Comisión Federal de Electricidad. La información más reciente que se tiene es de 2015, donde se habla de una posible licitación para llevar a cabo la ampliación. El gobierno, con todo esto, ha exhibido su poca seriedad y compromiso para ejecutar los planes que él mismo ideó y cuya suspensión –sí es que únicamente están detenidos- frena el crecimiento en infraestructura y en cuanto a la penetración de los servicios vía fibra óptica.

Es en el Plan Nacional de Desarrollo donde se plantea el desarrollo de nuevas redes de fibra sin especificar más, por lo que, después de realizar este trabajo, se especula que se refiere a los proyectos de la Red Compartida y de la Red Troncal. Hasta hoy, se puede calificar a ambos como aciertos por parte del gobierno; puesto que, dan pie al uso eficiente de parte de la red de fibra óptica de CFE que se encuentran sin ser explotada.

La Red Troncal, se encuentra aún en la etapa de planeación y responde al mandato de la Reforma Constitucional en Materia de Telecomunicaciones y Competencia. Será una red compartida mayorista que aprovechará otro de los pares de hilos que representan capacidad de sobra dentro de la red de CFE para impulsar una mayor oferta de servicios convergentes de telecomunicaciones a nivel nacional, incluyendo aquellas regiones con escasa cobertura, para que la población en general tenga acceso a servicios de telecomunicaciones modernos y confiables, a precios competitivos, que faciliten la inclusión digital y la adopción de las Tecnologías de la Información. Debido a la fase tan temprana en la que aún se halla la Red Troncal, queda abierto el tema para posteriores investigaciones que evalúen el desarrollo del proyecto y su impacto.

Por su parte, la Red Compartida ya se encuentra en la etapa de despliegue. Su principal objetivo es llevar servicios de banda ancha móvil a zonas que hoy en día no tienen o en las que existe sólo una opción. La importancia de este proyecto para el presente trabajo radica en que para la parte alámbrica de esta red se emplearán dos hilos de la fibra excedente de la CFE. Los beneficios que la Red Compartida propone son: mayor cobertura, la disminución de los precios de telefonía y banda

ancha móvil, el fomento de la innovación en los servicios digitales. Además, cabe destacar que la cualidad de ser una red que esté disponible para todos los operadores –contrario a la licitación de 2010- reduce las inversiones que estos deben realizar para ampliar la cobertura de sus servicios, lo cual incrementaría la competencia en los servicios que se oferten y, en consecuencia, conduciría a una disminución en las tarifas.

Aunque la Red Compartida es un proyecto encauzado al despliegue de servicios móviles, es primordial darle seguimiento al rol que juegue la fibra óptica como infraestructura de transporte; pero, sobre todo, a los resultados que este proyecto arroje –sin importar si la fibra se emplea como tecnología de acceso o transporte- en favor de la sociedad mexicana.

Aun cuando en el presente diagnóstico compete hablar del contexto actual de las comunicaciones ópticas, y por ello en los párrafos anteriores se analizaron los documentos de la administración del presidente Enrique Peña Nieto, cabe señalar que la situación no cambia favorablemente si se estudian los documentos del sexenio pasado.

En México, la fibra óptica comenzó a ser discutida en 2006 a causa de una concesión otorgada a la Comisión Federal de Electricidad para prestar el servicio de provisión y arrendamiento de capacidad de su red de fibra óptica que se encontraba ociosa. En su momento, esta concesión fue polémica por dos razones. La primera de ellas fue que, durante la instalación de esta red de fibra óptica –aún en el sexenio de Vicente Fox- que permitiría proporcionar a la propia Comisión los servicios de comunicación digital para la seguridad y operación del Sistema Eléctrico Nacional, se instalaron más pares de fibra de los que la CFE necesitaba. Lo que levantó sospechas sobre qué tipo de intereses influyeron en la decisión del entonces director de CFE, Alfredo Elías Ayub, de desplegar fibra óptica de más. La segunda tiene que ver con que la concesión se le dio a un organismo público descentralizado regido bajo la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, la cual en su artículo 9º, referente a las facultades de la CFE, en lo absoluto menciona que la Comisión Federal de Electricidad pudiese arrendar parte de la capacidad de su red de fibra óptica a particulares.

Sin importar la controversia, cuatro años más tarde, en 2010, fue publicada la convocatoria para participar en la licitación de un par de hilos de fibra de la red de CFE y meses más tarde, fue anunciado que el consorcio formado por Grupo Televisa, Megacable y Telefónica –único consorcio participante- era el ganador de dicha licitación. Esta concesión representó, en primera instancia, un

impulso fundamental a la apertura del mercado de transporte y *backhaul*; puesto que, TELMEX dejó de ser la única opción en la provisión de servicios de transmisión para operadores que necesiten del alquiler de capacidad para el transporte de servicios. Asimismo, el par de hilos otorgado a dicho consorcio, facilita no sólo a las empresas que lo conforman, sino también a quienes desean alquilar capacidad de la red, la expansión de sus servicios de banda ancha a través de fibra óptica a lo largo de país; propiciando así la competencia también en el mercado de servicios de telecomunicaciones a usuarios finales y, por supuesto, a entregar sus servicios en muchas más zonas del país.

Pese a que la concesión supuso ser un gran paso hacia un mercado de transporte abierto –el cual dejara de estar bajo el dominio único de TELMEX- la realidad es que únicamente se transformó en un mercado controlado por un duopolio. El problema con la formación de este duopolio es que, de existir un acuerdo entre el consorcio GTAC y TELMEX en cuanto a las condiciones en las que se alquile capacidad de sus redes de fibra óptica, se tendría el mismo efecto dentro del mercado que el de un monopolio. Esto último, contradice por completo la idea en torno a tener un mercado abierto o con mayor competencia. Se considera que un mercado con exclusivamente dos actores, no puede concebirse como un mercado competitivo. Únicamente propiciaría un impacto negativo en los precios, disuadiendo así a los interesados de rentar capacidad o alquilándola y, por ende, aumentando los precios de sus servicios a usuarios.

El otorgamiento de este par de hilos sí facilitó la expansión de la cobertura de las redes ópticas de los operadores de servicios fijos que constituyen el consorcio ganador y con ello, empezaron a comercializar sus servicios de telecomunicaciones vía fibra óptica. El inconveniente con esta ampliación de la cobertura es que los servicios entregados total o parcialmente vía fibra siguen estando concentrados en ciertas zonas del país, especialmente en núcleos urbanos. Éste no sólo es el caso de Grupo Televisa con su marca Izzi y de Megacable, sino de todos los proveedores del mercado de servicios que emplean fibra óptica como medio de transmisión.

Aunque el país cuenta con dos grandes redes ópticas de *backbone* y se puede aprovechar su capacidad, resulta costoso para los proveedores de servicios invertir en el tendido de su propia fibra óptica para llegar a comunidades alejadas o que no son negocio para ellas. Es verdad que las condiciones orográficas del país condicionan el despliegue de redes de fibra óptica; sin embargo, existen aún zonas donde su instalación es factible y que no están siendo atendidas ni por los operadores ni por el gobierno.

Por desgracia, no hay una cooperación entre la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el Poder Ejecutivo y el IFT –quienes en teoría deben velar por garantizar el derecho a la información y al acceso universal a los servicios de telecomunicaciones- para emprender algún tipo de acción que promueva la inversión de los principales actores del mercado de servicios fijos de banda ancha en redes ópticas que permitan que más mexicanos disfruten de servicios de mejor calidad, y en muchos de los casos, que tengan por primera vez la oportunidad de contar con servicios de telecomunicaciones.

Por el contrario, se piensa que, con la desagregación del bucle local impuesta a TELMEX dentro de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, por ser considerado agente económico preponderante en el sector de las telecomunicaciones, se disuade a los proveedores de servicios e incluso a TELMEX de destinar parte de su capital a la ampliación de sus redes de fibra óptica. Los interesados pagarán módicas cantidades a TELMEX por el uso y explotación de su red de acceso; lo que para los operadores significa la generación de mayores ganancias sin la necesidad de invertir en infraestructura propia, mientras que, para TELMEX el ceder su infraestructura y por ende su capacidad a precios bajos, deriva en que se recuperen menos costos, por lo tanto, deja de haber incentivos para la inversión en su red.

Sumado a lo antes mencionado sobre la cobertura, competencia en materia de *backhaul* y transporte, ahora se hablará de las deficiencias encontradas dentro del mercado de servicios de banda ancha a usuarios finales. En el octavo capítulo se observó que la tendencia en servicios fijos de banda ancha a través de fibra óptica gira en torno a paquetes *doble* y *triple play*. La comparación entre mercados arrojó que en México los servicios son costosos y lo incluido limitado –velocidades de transmisión, canales de televisión, llamadas-. A pesar de que la cobertura de los servicios vía fibra óptica se encuentra limitada principalmente a zonas urbanas, inclusive ahí la inequidad económica es un acentuado problema. Es por esto que, los servicios también en las ciudades resultan inasequibles para la mayoría de la población.

Como fue mencionado, en México las velocidades de Internet son considerablemente más bajas comparadas con las que ofertan los principales operadores de los países con altas tasas de penetración de suscriptores de banda ancha vía fibra óptica. Japón y Suecia son países donde las velocidades máximas de bajada llegan hasta 1 Gbps; sin embargo, una oferta de ese tipo en México podría no funcionar en un futuro a corto plazo. Esto se puede atribuir a que, en caso de que se

quisieran implementar velocidades más altas, los proveedores de servicios tendrían que invertir en fibra y equipos ópticos compatible con altas tasas de transmisión y, con ello, incrementaría el costo mensual de los servicios de telecomunicaciones. Considerando que los precios con las velocidades disponibles ya son elevados para gran porcentaje de la sociedad mexicana, un aumento haría aún más inaccesibles los servicios para una población que tiene muchas carencias básicas sin solventar.

Si bien, la mayor parte de la población mexicana todavía desconoce qué es en esencia la fibra óptica y sus ventajas técnicas debido al analfabetismo digital, se debe destacar que, gracias a la publicidad de los operadores de servicios fijos, los usuarios han podido tener un acercamiento con la fibra y con la superioridad que la caracteriza frente a otros medios de transmisión. Evidentemente, las empresas dan a conocer esta información con el objetivo de vender sus servicios; no obstante, no hay que subestimar que ha contribuido en cierta medida al aumento de suscripciones de banda ancha mediante fibra óptica en México en años recientes. Pese a ello, es desconcertante que sean los proveedores y no el Instituto Federal de Telecomunicaciones quienes realicen la labor de difundir el tema.

El precio de los servicios fijos a través de fibra, las velocidades de acuerdo a las exigencias actuales de las TIC y la divulgación sobre las características de la fibra óptica, son aspectos que, de acuerdo a sus objetivos institucionales, le concierne al IFT evaluar; sin embargo, lo expuesto en los últimos tres párrafos ha evidenciado que el órgano regulador no ha ejercido una autoridad efectiva a fin de ofrecer mejores opciones de servicios a precios asequibles.

De enero de 2014 a septiembre de 2016, el porcentaje de suscripciones de banda ancha vía fibra óptica pasó del 6.2% al 14.3%, de acuerdo al Instituto Federal de Telecomunicaciones. Esto representa un importante avance para el sector de las telecomunicaciones y para los usuarios. A pesar de ello, tecnologías como el cable de par de cobre y el cable módem, siguen siendo las más usadas para la provisión de servicios fijos; lo cual habla también de un rezago tecnológico.

Además, se cree que, problemas como el desinterés por parte de los proveedores de servicios en invertir para ampliar la cobertura de sus redes y llegar a lugares alejados o poco rentables, el hecho de que el gobierno tampoco ha fomentado dicha inversión, la inexistencia de un proyecto a largo plazo que busque democratizar los servicios fijos de banda ancha teniendo como herramienta primordial a la fibra óptica para alcanzar sus objetivos, las tarifas mensuales costosas e inasequibles para la gran

mayoría de un país con altos niveles de pobreza, así como el desconocimiento que aún tiene la mayoría de la población sobre la fibra óptica, han sido las causas de que ese crecimiento no sea mayor. No sólo se trata de que haya un número superior de usuarios, si no, de que ese número no este concentrado en las grandes ciudades.

Visto lo anterior, se concreta el diagnóstico en los siguientes puntos:

Tabla 65. Puntos fuertes de la legislación y mercado de las comunicaciones ópticas

- Aumento considerable de suscriptores de banda ancha fija vía fibra óptica en los últimos dos años;
- Aprovechamiento de la fibra oscura de la red troncal de la Comisión Federal de Electricidad a través de la licitación otorgada al consorcio GTAC para explotar un par de hilos y de los proyectos de la Red Troncal y la Red Compartida;
- Un segmento de la sociedad ha podido conocer las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de transmisión, gracias a la publicidad de las empresas de telecomunicaciones para dar a conocer sus servicios a través de fibra.

Tabla 66. Puntos débiles de la legislación y mercado de las comunicaciones ópticas en México

- El acceso a Internet no ha sido considerado como un derecho humano;
- Ausencia de una política pública que impulse específicamente a la banda ancha vía fibra óptica;
- Las metas contempladas dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y de la Estrategia Digital Nacional, donde se plantea el despliegue de nuevas redes de fibra óptica y la ampliación de la red de CFE, son ambiguas y carecen de planeación;
- Las dos redes troncales que hasta ahora están disponibles en el mercado de *backhaul*, se encuentran en manos sólo de dos corporaciones, por lo que, sigue sin existir una competencia efectiva;
- Cobertura de las redes ópticas y de los servicios se encuentra concentrada en las principales ciudades del país pese a contar con dos grandes tendidos de fibra con presencia en la mayor parte del territorio nacional;
- No hay un trabajo conjunto entre la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el Poder Ejecutivo y el Instituto Federal de Telecomunicaciones para fomentar la inversión de los proveedores de servicios en infraestructura basada en fibra óptica, y de esta forma, expandir la cobertura;
- La desagregación del bucle local de TELMEX, establecida dentro de la LFTyR, desalienta a las empresas a invertir en sus redes de fibra; incluso al propio TELMEX;
- Los precios mensuales que los usuarios deben pagar al contratar servicios de banda ancha vía fibra óptica, son costosos y deficientes en comparación con lo ofrecido en países líderes en penetración de servicio a través de este medio de transmisión;
- Las empresas proveedoras de servicios ofrecen al usuario velocidades deficientes debido a un rezago tecnológico en sus redes ópticas. De superarse dicho rezago, habría un aumento en los precios mensuales;
- El IFT no está ejerciendo adecuadamente su labor como órgano regulador y promotor del desarrollo eficiente de las telecomunicaciones; desatendiendo sus objetivos de velar por que los servicios de telecomunicaciones –independientemente del medio de transmisión empleado- sean asequibles para la población y acordes con los niveles de calidad de acuerdo con parámetros internacionales, y de informar a los usuarios sobre las nuevas tecnologías dentro del mercado de servicios de telecomunicaciones –para este caso, la fibra óptica-;
- El número de suscriptores con conexiones de banda ancha mediante fibra es muy bajo frente al de conexiones mediante cable de par de cobre y cable módem.

Capítulo 7. Propuesta para atender la problemática

El diagnóstico realizado en el capítulo anterior permitió reconocer que las débiles normas jurídicas, la carencia de un proyecto nacional orientado al progreso de la banda ancha, la limitada cobertura y los precios inasequibles para la mayoría de la población, son los factores que han determinado que la penetración de servicios vía fibra óptica, después de haberse empezado a comercializar hace siete años, no sea más alta.

Habiendo distinguido los síntomas que frenan el despliegue de redes ópticas y, por ende, la democratización de servicios fijos de banda ancha no sólo en regiones urbanas y con atractivo económico, se concibieron una serie de propuestas que, se considera, contrarrestarían los problemas encontrados a través del diagnóstico. A continuación, se presentan dichas propuestas, las cuales está constituida por los puntos 7.1, 7.2 y 7.3.

7.1 Propuesta: Elaboración de una política pública de banda ancha que dentro de sus objetivos principales contemple la ampliación de la cobertura de redes ópticas en el país

Como fue mencionado en el diagnóstico, la falta de una política pública que aborde en particular el tema de la banda ancha ha tenido efectos negativos que limitan el despliegue y uso de fibra óptica dentro de la industria de las telecomunicaciones. Es verdad que, tanto el gobierno del sexenio pasado como el actual, han puesto atención en las comunicaciones ópticas; sin embargo, al no existir una política específica de banda ancha, las líneas de acción en materia de redes ópticas han sido incluidas en planes como la Estrategia Digital Nacional y el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, donde son descrita de forma superficial y vaga.

Hablando en particular del Plan Nacional de Desarrollo actual, es importante señalar que la poca información incluida en la línea de acción acerca del despliegue de redes ópticas, generó muchas dudas sobre si se planificó que fuese la Red Troncal la que cumpliera esta línea de acción, o si sólo se

trata de un plan paralelo. Como se dijo en el diagnóstico, se piensa que la Red Troncal responde a dicha línea de acción; no obstante, las autoridades de telecomunicaciones deben procurar tener objetivos mucho más claros en esta materia y no quedarse en conjeturas.

Por esta razón, se propone la creación de una política pública que plantee la puesta en marcha de un Plan Nacional cuya finalidad sea la masificación de servicios de banda ancha fija y el crecimiento de la inclusión digital mediante la ampliación, por parte del Gobierno y proveedores de servicios, de sus respectivas redes de fibra óptica. Durante el estudio del sexto capítulo de esta tesis, llamado “Marco jurídico y políticas públicas”, se observa que en México cada gobierno establece su estrategia digital, la cual no es respaldada por la siguiente administración; convirtiéndose en un círculo vicioso que impide que las propuestas lleguen a materializarse. Por esta razón, se propone sea una política pública con visión a largo plazo, buscando garantizar que un plan de esta magnitud, con repercusiones económicas, tecnológicas y sociales, tenga un seguimiento eficiente –sin importar quién esté en el poder- para poder cosechar los resultados esperados.

Se sugiere sea un proyecto que contemple la inversión público-privada y donde puedan participar todos los proveedores de servicios y tecnología interesados –siguiendo el ejemplo de la Red Compartida-. De ser así, el mercado dejaría de estar limitado a una o dos empresas y realmente se tendría un entorno competitivo, con muchas más opciones para la contratación de servicios; sobre todo en las zonas donde no se cuenta con la presencia de ningún operador o se tiene la presencia de sólo uno.

Resulta primordial que para el desarrollo del proyecto se tenga una planeación sólida y se procure no caer en la ambigüedad. Además, debe contar con objetivos precisos y realistas que los participantes consideren es factible alcanzarlos. Sin dejar de lado que, el proyecto debe ser diseñado por un grupo de trabajo multidisciplinario a fin de tener una planeación donde el trabajo de diversas áreas converja en un trabajo robusto y con altas probabilidades de éxito. Dicho grupo de trabajo debe incluir académicos, investigadores y profesionistas directamente relacionados con las TIC y las telecomunicaciones que le den el soporte técnico, y con las áreas de la Economía, el Derecho y la Sociología para aportar la base social.

En el capítulo anterior fue señalado que las condiciones orográficas del país condicionan el tendido de redes ópticas, esto debido a que en terrenos irregulares y zonas montañosas resulta

complejo y mucho más costoso realizar los trabajos de instalación. Por tal motivo, se propone que el plan considere el despliegue de fibra óptica hasta donde la geografía y la rentabilidad lo permitan; a partir de ahí, apoyarse de otras tecnologías de acceso para llegar a los usuarios.

Resultaría conveniente que México considerara la experiencia en la implementación de políticas públicas de banda ancha de países como Suecia, Francia y Brasil. México debe tomar como referencia los modelos adoptados por estos países, pero adaptándolos a sus necesidades. La importancia de esta sugerencia radica en que, de ser adoptado alguno de ellos como base, se tendría un argumento sólido, sensato y con visión a largo plazo. Lo que, sumado a una correcta planeación y a una eficaz ejecución, cumpliría el objetivo de ampliar la cobertura de las redes de fibra óptica para proveer a más personas servicios fijos de banda ancha. Sin perder de vista los beneficios económicos que las inversiones traerían y los empleos que este proyecto podría generar.

7.2 Propuesta: Impulso a la formación de ingenieros en telecomunicaciones en materia jurídica y económica para el progreso de las comunicaciones ópticas

Los retos sociales, económicos y tecnológicos que enfrentan las naciones actualmente, hacen imprescindible la búsqueda de profesionistas calificados. Para que un país crezca en cualquier sector se necesita de gente con una formación integral, puesto que, para lograr el crecimiento del sector se requiere del trabajo conjunto de diversas disciplinas. A lo largo de esta investigación, se ha podido ver que el desarrollo de las comunicaciones ópticas, y en general de las telecomunicaciones, depende del quehacer de diferentes disciplinas. Por consiguiente, se necesita que los ingenieros mexicanos en telecomunicaciones cuenten con conocimientos de otras áreas relacionadas con el sector. Esto con el propósito de complementarse con los especialistas de dichas áreas y, aún más importante, con el fin de comprender la actualidad de las telecomunicaciones en México para que, a partir de ello, se tengan claros los problemas a atender para llevar a este sector a una verdadera evolución.

Por tales motivos, se propone a la Facultad de Ingeniería y al Departamento de Telecomunicaciones que dentro del plan de estudios de la carrera se incorporen más materias obligatorias con temas centrales como la legislación, las políticas públicas, la planeación de proyectos y sobre el papel que juega el sector de las telecomunicaciones dentro de la economía del país – actualmente, la única materia obligatoria dentro del plan de estudios de la carrera de Ingeniería en

Telecomunicaciones que toca temas afines es “Regulación de las telecomunicaciones”-. Además, se sugiere que las materias de óptica se enfoquen en la parte técnica, de redes y normativa, sin ahondar tanto en la parte física, que es vista ampliamente en otras materias. Otro aspecto que la Facultad y el Departamento deben atender, es que, en las materias de redes, no se dejen de lado las redes ópticas.

Aunque, más allá de los planes de estudio, resulta trascendental que dentro de las universidades se formen Ingenieros que mantengan siempre en mente que su misión debe ser procurar el progreso de su país.

Abordar y analizar los aspectos jurídicos y políticas de las telecomunicaciones no compete únicamente a Licenciados en Derecho o en Economía, es también tarea primordial de ingenieros, debido a que son ellos quienes, mediante los conocimientos técnicos adquiridos durante su formación, dan solidez y objetividad a los proyectos creados en beneficio del sector y del país.

Es trascendental que los ingenieros en telecomunicaciones estén involucrados en la legislación y regulación del sector. Los conocimientos y experiencias que puede traer el estudio de dichos temas, no sólo enriquecen a quien desea especializarse y trabajar en esas áreas del sector, también enriquecen a quien se incorpora a la iniciativa privada, ya que muchas veces los alcances de su trabajo serán determinados por la legislación o la regulación.

En particular, el Órgano Regulador necesita de más ingenieros dentro de sus filas. De los siete comisionados que integran el Pleno del Instituto, tres de ellos cursaron las carreras de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones e Ingeniería en Telecomunicaciones. Los cuatros restantes –incluido el comisionado presidente- cursaron las carreras de Derecho y Economía.

De ninguna manera se piensa que el Pleno del IFT deba estar conformado exclusivamente por ingenieros. Por el contrario, el Pleno debe constituirse por profesionistas de las diversas ciencias que auxilian al sector. A pesar de que la presente propuesta está dirigida a la formación de ingenieros en telecomunicaciones en temas jurídicos y económicos, igualmente se requiere que los especialistas en temas social que conformen el Pleno, tengan formación y experiencia particular en el ámbito de las telecomunicaciones. Sin importar el área de especialización de quienes formen parte del Pleno, se busca que sean los profesionistas idóneos para dichos cargos de acuerdo a las necesidades del país.

7.3 Propuesta: Realizar y dar seguimiento a investigaciones sobre el mercado y los aspectos jurídicos que rigen las comunicaciones ópticas

Fue en 2010 cuando la fibra óptica comenzó a ser discutida en México gracias al inicio de la comercialización de servicios de telecomunicaciones a través de ella y a la concesión para explotar dos hilos de fibra de la red de la Comisión Federal de Electricidad dada al grupo GTAC. Aun cuando han pasado siete años desde esa fecha, la bibliografía jurídica con la que cuenta el país sobre comunicaciones ópticas es escasa. Aunado a ello, hasta donde se tiene conocimiento, no existen investigaciones por parte de profesionistas o académicos donde se haya analizado de manera particular el contexto nacional de la fibra óptica visto desde tres perspectivas: tecnológica, de mercado y legislativa.

En consecuencia, se busca que este trabajo sea un parteaguas y se espera se elaboren futuras investigaciones donde nuevamente se evalúe la actualidad de las comunicaciones ópticas para comprender qué se hizo, qué se está haciendo y qué se puede hacer para mejorar. Esta investigación se realizó hasta donde los recursos con los que se contaron y a los que se tuvieron alcance, lo permitieron. Se considera que el argumento de la tesis da pie a posteriores trabajos, dado que aún se espera ver cómo se desarrolla el proyecto de la Red Troncal, el papel que jugará y qué resultados traerá la implementación de fibra óptica dentro de la Red Compartida; así como, las posibles acciones que el Gobierno y sector privado lleve a cabo para fomentar el despliegue y uso de la fibra óptica.

Esta propuesta va de la mano con la anterior. Sólo si se logra concientizar a los Ingenieros en Telecomunicaciones de la importancia que tienen las áreas legislativas, regulatorias y jurídicas en la evolución de las comunicaciones ópticas –y en general de las telecomunicaciones- se tendrán más profesionistas interesados en profundizar en esta materia y, posiblemente, en encaminar su trabajo al desarrollo de esta área de las telecomunicaciones.

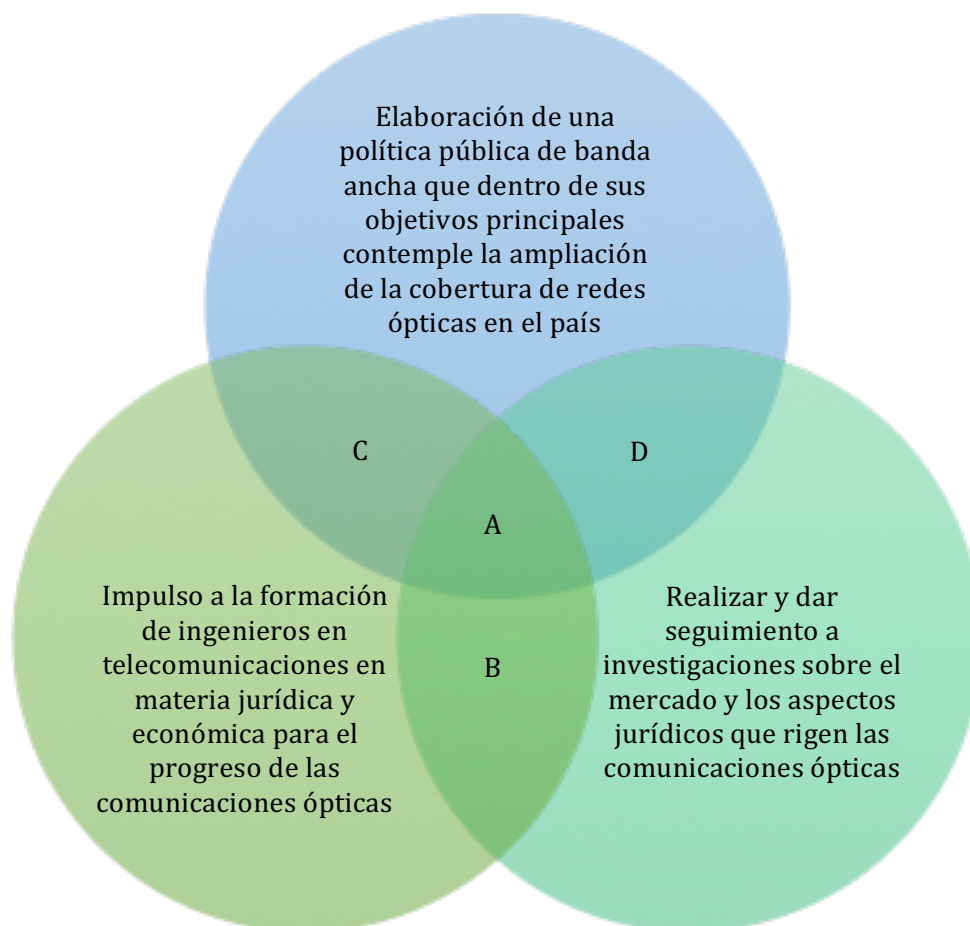


Figura 45. Relación entre las propuestas 7.1, 7.2 y 7.3

Tabla 67. Acotaciones de la Figura 44

A	La formación científica de ingenieros en telecomunicaciones en el área de las comunicaciones ópticas, complementada por una formación jurídica y económica, le da al ingeniero una visión superior del acontecer nacional en esta área de especialización de las telecomunicaciones. Son estos profesionistas, con una educación multidisciplinaria, quienes promuevan las investigaciones sobre el mercado de servicios y los documentos jurídicos de las comunicaciones ópticas, las cuales permitan tener un panorama claro de en qué se está acertando y en qué se está fallando; encontrando así, en qué puntos una política de banda ancha debe actuar para mejorar y procurar el avance de las comunicaciones ópticas dentro del sector de las telecomunicaciones.
B	Contar con ingenieros en telecomunicaciones que posean un criterio enriquecido, gracias a las aportaciones de materias incluidas dentro del plan de estudios que aborden las repercusiones del mercado de servicios de telecomunicaciones a través de fibra óptica en la economía del país, y lo importante que es la puesta en marcha de políticas públicas que busquen el progreso en el uso de fibra óptica, propiciará que

	<p>sea mayor el interes por realizar trabajos de investigaciones que involucren estos temas, y que se le de seguimiento a los que ya se hayan hecho.</p>
C	<p>La elaboración de una política pública de banda ancha requiere de un equipo de planeación multidisciplinario, a fin de tener una política pública completa desde cualquier perspectiva que se aborde. Los ingenieros en telecomunicaciones aportan los conocimientos técnicos; no obstante, para complementar su trabajo, también es necesario que comprendan los aspectos que los profesionistas de las ciencias sociales aportan a dicha planeación. Para lograr esto, se requiere que el plan de estudios promueva que la educación de los alumnos no se limite exclusivamente a la parte científica, sino que también se les dote de herramientas sociales –siempre respetando el carácter tecnológico de la carrera- para desempeñarse eficientemente dentro de un equipo conformado por diversas disciplinas sociales.</p>
D	<p>La base para la planeación de una política pública de banda ancha que contemple el tendido de más fibra óptica para expandir la cobertura de los servicios que a través de ella se entregan, debe ser una investigación donde se estudie el mercado de servicios y los ordenamientos jurídicos con el fin de conocer el estado y desarrollo de las comunicaciones ópticas. Una investigación de este tipo, permitirá identificar fortalezas y debilidades dentro de los temas analizados. Habiendo indentificado dichos aspectos, podrá crearse una política pública de acuerdo a las carencias encontradas.</p>

Las propuestas antes expuestas surgen a raíz de la diagnosis elaborada en esta tesis sobre el estado actual de las comunicaciones ópticas en México y tienen por propósito exponer alternativas viables para promover el incremento de suscriptores de banda ancha fija vía fibra óptica a lo largo de todo el país; principalmente en zonas desfavorecidas.

La propuesta primordial es la creación de un plan nacional de banda ancha fija; no obstante, el fomento a la formación multidisciplinaria de los Ingenieros en Telecomunicaciones y la trascendencia de seguir ahondando en este tema son fundamentales para lograr llevar a cabo con éxito un proyecto de tal relevancia.

Cabe destacar que estas propuestas serán complementadas por una serie de recomendaciones al Órgano Regulador y al Gobierno Federal, las cuáles serán discutidas en el siguiente capítulo. Dichas recomendaciones señalan las cuestiones que es necesario reexaminar y modificar con la finalidad de crear condiciones de mercado más accesibles para muchos más usuarios, y no un solo sector.

Capítulo 8. Conclusión

En conclusión, con la realización del presente trabajo se pudieron advertir las carencias y rezagos en materia de comunicaciones ópticas en México, y que deben sumarse esfuerzos para que esta área de las telecomunicaciones tenga un progreso exitoso a nivel socioeconómico. Este progreso debe verse reflejado en tres aspectos primordiales: un impacto positivo económica y tecnológicamente, un mercado de servicios más justo y asequible para los usuarios y, sobre todo, más mexicanos beneficiados a través del acceso a servicios de banda ancha. El esfuerzo del que se habló, les concierne a los gobiernos, a la industria de servicios y tecnología, y por supuesto, a los profesionistas e investigadores de la Ingeniería, el Derecho, la Economía, la Sociología, entre otras; ya que se necesita de un trabajo multidisciplinario para generar un verdadero crecimiento a las comunicaciones vía fibra óptica.

Los objetivos planteados al inicio de este trabajo fueron cumplidos, pues el análisis de los documentos jurídicos, políticas públicas y del mercado mexicano de servicios empleando fibra óptica, y la posterior comparación de dichos aspectos frente a los existentes en otros países, permitió elaborar una serie de propuestas y recomendaciones con el objetivo de estar conscientes de cuáles son los retos que deben ser enfrentarse si realmente se quiere llevar al país a una posición privilegiada en el área de las comunicaciones ópticas y en el sector de las telecomunicaciones.

Este trabajo surgió de la inquietud por comprender el contexto de un campo cada vez más relevante dentro de las telecomunicaciones y del cual, fuera de la perspectiva técnica, se ha hablado muy poco, razón por la cual existe muy poca bibliografía y trabajos al respecto. Este trabajo, como se mencionó en el décimo capítulo, busca ser un parteaguas; esperando que existan futuras investigaciones sobre este tema que tiene mucho por dar, si se da el escenario correcto.

Capítulo 9. Recomendaciones

En este capítulo se expondrá una serie de recomendaciones orientadas a mejorar las condiciones del mercado de las comunicaciones ópticas mediante el replanteamiento de puntos claves dentro de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión que involucran a la fibra, la posible modificación de los costos de los servicios y la divulgación de información sobre la fibra óptica entre los usuarios para promover los servicios a través de este medio. De ser llevadas a cabo adecuadamente estas recomendaciones, se estarán sentando las bases de un mercado más incluyente y accesible tanto en materia económica como tecnológica.

9.1 Recomendación para el Instituto Federal de Telecomunicaciones: Revisión de tarifas de servicios fijos vía fibra óptica

El Instituto Federal de Telecomunicaciones dentro de sus objetivos institucionales estipula que promoverá e impulsará que los usuarios cuenten con mejores servicios de telecomunicaciones a precios asequibles, además de garantizar que la prestación de estos servicios sea acorde con los niveles de calidad establecidos por parámetros internacionales.

Considerando que se encuentra dentro de los objetivos del Instituto y retomando lo visto en el octavo capítulo sobre lo costosos que son los servicios de banda ancha fija entregados mediante fibra óptica en México, se recomienda al Instituto Federal de Telecomunicaciones que examine responsable y objetivamente los precios fijados por los proveedores de servicios, y se busque modificarlos de tal forma que sean tarifas accesibles para la población.

Para establecer precios asequibles, se sugiere que el IFT considere el poder adquisitivo de los mexicanos. Es visible que en el país las condiciones socioeconómicas no son las mismas para todos, existe un gran contraste entre los altos y bajos ingresos de las diferentes zonas del país; por lo que, de ser factible, las tarifas por los servicios de telecomunicaciones entregados vía fibra óptica deben ser asignadas de acuerdo a los ingresos de la zona, estado o municipio. Además, se propone que, en las zonas de más escasos recursos monetarios, el gobierno directamente o mediante un Fondo de Acceso Universal, subsidie parte del costo mensual de los servicios.

Como se habló en el diagnóstico, en comparación con otros países, cuya tasa de penetración de suscripciones de banda ancha a través de fibra es elevada, en México las tarifas son muy altas y las características de los servicios limitadas. Para ejemplificar esto último de mejor manera, se citará el caso particular de la empresa de telecomunicaciones japonesa NTT y de la mexicana TELMEX. En el octavo capítulo de este trabajo se comparó la oferta de Internet de los operadores NTT, Telia, Antel y TELMEX. NTT oferta 1 Gbps de bajada a un precio de \$1,054.00 mensuales, mientras que con TELMEX un plan de 100 Mbps tiene un costo de \$899.00 al mes. Es decir, TELMEX ofrece apenas una décima parte de lo que entrega NTT por una diferencia de \$155.00. Por tal razón, también se aconseja que se definan precios razonables con lo ofrecido en cuanto a velocidades de Internet, canales y llamadas – ya sea que se contrate únicamente el servicio de Internet o el mismo servicio, pero dentro de un paquete *dobles o triple play*.

Asimismo, se sugiere que el Instituto determine los rangos –de acuerdo al o los servicios que se entreguen- dentro de los cuales deben estar las tarifas de cada proveedor de servicios. Buscando de esta manera, que se establezca y regule de forma imparcial las condiciones en que tales servicios serán ofertados a los usuarios, y fomentando una competencia equitativa en el mercado.

9.2 Recomendación para el Instituto Federal de Telecomunicaciones y el Gobierno Federal: Revisión de la desagregación del bucle local de TELMEX

A fin de evitar que la competencia efectiva y la libre concurrencia se vean afectadas en el mercado de la radiodifusión y las telecomunicaciones, la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión señala que el IFT tiene la facultad de imponer las obligaciones necesarias a quien se le otorgue el título de agente económico preponderante por contar, de manera directa o indirecta, con una participación nacional mayor al cincuenta por ciento en la prestación de servicios de radiodifusión o telecomunicaciones.

Para abordar esta recomendación, se recordará el artículo 269 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, el cual especifica las medidas impuestas al agente económico preponderante en el sector de las telecomunicaciones. En dicho artículo se menciona que debe permitir a otros concesionarios acceder a su infraestructura, elementos, capacidad y servicios de su red local. En cumplimiento de la ley, TELMEX fue declarado agente económico preponderante en el

sector de las telecomunicaciones, viéndose obligado a compartir su infraestructura –incluida la fibra óptica- de su *última milla*.

La desagregación del bucle local genera una mayor competencia y participación, sobre todo en zonas donde el único proveedor con infraestructura es TELMEX; sin embargo, existe la incógnita de si el Instituto y el Gobierno Federal contemplaron las repercusiones negativas que, en cuestión del desarrollo de nuevas redes de fibra óptica, traería la apertura de la *última milla*.

Fue mencionado en capítulos anteriores que uno de los principales problemas a los que se enfrentan las comunicaciones ópticas es la limitada cobertura de las redes ópticas para servicios de telecomunicaciones. Por tal motivo, se recomienda que la desagregación del bucle local sea una herramienta temporal, de lo contrario, se desincentiva la inversión en redes ópticas propias, tanto de TELMEX como de los proveedores interesados.

Otra de las sugerencias es el aumento relativo de las tarifas mensuales de los servicios que TELMEX tiene disponibles para reventa. La Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión menciona que los precios de reventa fijados por TELMEX deben ser iguales o menores a los que la empresa ofrece a sus usuarios. Esto fue corroborado en el octavo capítulo, observando que las tarifas fijadas son más bajas; no obstante, esto resulta contraproducente para la posible ampliación de la red de fibra óptica de TELMEX. Los precios estipulados resultan una pérdida para el agente económico preponderante y, por lo tanto, deja de ser redituable la inversión en infraestructura y el mantenimiento de ésta.

Por las razones antes manifestadas, se sugiere que se analice el artículo 269 de la LFTyR ya que, con la desagregación del bucle local de agente económico preponderante, se disuade a los proveedores de servicios y al propio TELMEX de invertir en infraestructura propia de fibra óptica; frenando así, el despliegue de más redes y, por ende, obstaculizando que más personas puedan disfrutar de los servicios que pueden ser entregados vía fibra.

9.3 Recomendación para el Instituto Federal de Telecomunicaciones: Mayor difusión de la fibra óptica hacia el usuario para promover los servicios a través de este medio de transmisión

En los últimos meses, el Instituto Federal de Telecomunicaciones ha intentado tener un acercamiento con los usuarios a través de algunos anuncios televisivos. Lo ha hecho para exponer sus más recientes logros, para hablar sobre la Televisión Digital Terrestre (TDT) y sobre la portabilidad numérica. A pesar de ello, existen temas como el de la fibra óptica, que han sido poco expuestos por el IFT. En materia de redes ópticas, lo único que ha sido noticia son las licitaciones mediante las cuales se han cedido hilos de fibra de la red de CFE.

Durante la investigación sobre el mercado nacional de las comunicaciones ópticas, se halló escasa información sobre el estado de la fibra óptica en México. Dentro de los anuarios y reportes trimestrales se encontró únicamente el porcentaje de las conexiones de banda ancha fija empleando fibra óptica y la evolución que dicho medio de transmisión ha tenido en los últimos años. Para obtener información sobre la concentración del mercado por operadores, fue necesario solicitar la información a través de la Plataforma Nacional de Transparencia.

Caso contrario es el ente regulador francés: ARCEP. Dentro de su sitio de Internet, la ARCEP tiene una sección exclusiva sobre FTTH. Dicha sección está dirigida a usuarios y operadores, y en ella puede leerse qué es la fibra óptica, sus ventajas, las cifras en cuanto a suscriptores, los documentos legislativos y reglamentarios alrededor de la fibra y glosarios, entre otros aspectos. Incluso existe un mapa sumamente interesante donde puede observarse el avance en el despliegue de la arquitectura FTTH a lo largo de todo el país galo.

Las diferencias antes expresadas, llevan a recomendar al Instituto Federal de Telecomunicaciones que diseñe mecanismos de información para que los usuarios que no han tenido un acercamiento a la fibra óptica y a las ventajas que presentan los servicios a través de ella, lo tengan. Contar con suscriptores consientes de la eficiente alternativa que resulta ser la fibra sobre el cable de cobre, no sólo traería consigo usuario que tomen decisiones informadas en cuanto a la contratación de servicios, también aumentaría la demanda de estos servicios y con ello, llevar al país a un verdadero crecimiento en penetración de banda ancha fija vía fibra óptica.

Referencias

Bibliográficas

1. Agrawal, G. (2002). *Fiber-Optic Communications Systems*. EUA: John Wiley & Sons, Inc.
2. Agrawal, G. P. (2005). *Lightwave technology: telecommunication systems*. John Wiley & Sons.
3. Giancoli, D. (2006). *Física*. México: Pearson Educación.
4. Guerrero, J. A. P., & Espí, P. L. L. (2007). *Fundamentos y tecnología de las comunicaciones por fibra óptica*. Universidad de Alcalá, Servicio de Publicaciones.
5. Moliner, M. (2008). *Diccionario de uso del español*. España: Editorial Gredos.
6. Ramaswami, R., Sivarajan, K., & Sasaki, G. (2009). *Optical networks: a practical perspective*. Ed. Morgan Kaufmann.
7. Villamil, J. (20 de noviembre de 2016). Aprueba la SCT una red que comparte múltiples riesgos e intereses económicos. *Proceso*. No. 2090. p. 32-34. México: Revista Proceso.
8. Wilson, J., Buffa, A., Lou, B. (2007). *Física*. México: Pearson Educación.

Electrónicas

1. Abreu, M. & Castagna, A., et al. (2009). Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH). *Memoria de trabajos de difusión científica y técnica*. Uruguay: Universidad de Montevideo. Obtenido en septiembre 16, 2016 de la página: http://www.um.edu.uy/upload/descarga/web_descarga_179_CaractersticageneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf
2. Alestra (2015). *Infraestructura. Red Alestra*. México: Alestra. Obtenido en enero 6, 2017 de la página: <http://www.alestra.com.mx/es/red-alestra>
3. Alestra (2015). *Soluciones empresariales*. México: Alestra. Obtenido en enero 08, 2017 de la página: <http://www.alestra.com.mx/es/integracion-de-sistemas>
4. América Móvil (2014). *Reporte anual que presenta América Móvil, S.A.B. de C.V. ("América Móvil", la "Emisora" o la "Compañía") de acuerdo con las disposiciones de carácter general aplicables a las emisoras de valores y a otros participantes del mercado de valores, por el año terminado el 31 de diciembre de 2014*. México: América Móvil. Obtenido en diciembre

-
- 05, 2016 de la página: [http://www.americamovil.com/sites/default/files/2016-09/Reporte Anual CNBV 2014.pdf](http://www.americamovil.com/sites/default/files/2016-09/Reporte%20Anual%20CNBV%202014.pdf)
5. Antel (2016). *Nuestra empresa. Reseña histórica*. Antel.com.uy. Obtenido en marzo 30, 2016 de la página: <http://www.antel.com.uy/antel/institucional/nuestra-empresa/Resena-historica>
 6. ARCEP (2016). *Services fixes haut e très haut débit – Abonnements. 4e Trimestre 2016- Resultats provisoires*. Francia: ARCEP. Obtenido en febrero 21, 2017 de la página: [http://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/observatoire/hd-thd-detail/t4-2016/obs-HDTHD-abonnements-T4 2016.pdf](http://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/observatoire/hd-thd-detail/t4-2016/obs-HDTHD-abonnements-T4%202016.pdf)
 7. Artículo sin autor. (2015). *Revista LATAM CHAPTER Edición 2015*. Obtenido en marzo 29, 2016 de la página: <http://www.ftthcouncil.org/LATAMChapter>
 8. Artículo sin autor. *Internet in Brazil*. Obtenido en marzo 29, 2016 de la página: http://kindle.worldlibrary.net/articles/Internet_in_Brazil#Fiber_to_the_premises
 9. Artículo sin autor. *Internet in Russia*. Obtenido en marzo 28, 2016 de la página: http://gutenberg.us/articles/Internet_in_Russia
 10. Australian Bureau of Statistics (2016). *Internet Activity, Australia*. Australia: Australian Bureau of Statistics. Obtenido en marzo 13, 2017 de la página: <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/mf/8153.0/>
 11. Axtel (2015). *Inicio*. México: Axtel. Obtenido en abril 16, 2016 de la página: <http://axtel.mx>
 12. Banco Mundial (2016). *Data. Data Bank. Population, total*. Obtenido en marzo 12, 2017 de la página: http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?Code=SP.POP.TOTL&id=1ff4a498&report_name=Popular-Indicators&populartype=series&ispopular=y
 13. Boas, G. (2010). *Telecom Boom in India? Fiber to the home provides welcome boost*. Obtenido en marzo 29, 2016 de la página: <http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=44259>
 14. Broadband Commission (2016). *The State of Broadband: Broadband catalyzing sustainable development*. Obtenido en marzo 21, 2017 de la página: https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/pol/S-POL-BROADBAND.17-2016-PDF-E.pdf
 15. Burbano, S., Burbano, E., Gracia, C. (2003). *Física general*. España: Editorial Tebar. Obtenido en abril 27, 2016 de la página: <https://books.google.com.mx/books?id=BWgSWTYofIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
-

-
16. C&W Networks (2016). **Services. Broadband Systems**. Obtenido en marzo 15, 2016 de la página: <http://www.cwnetworks.com/services#broadband>
 17. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2014). **Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión**. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido en mayo 8, 2016 de la página: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lftr/LFTR_orig_14jul14.pdf
 18. Columns, F. P. (2007). **The FTTH Prism**. Obtenido en marzo 25, 2016 de la página: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.131.750&rep=rep1&type=pdf>
 19. Consocio Altán (2016). **¿Quiénes somos?**. México: Altán. Obtenido en enero 22, 2017 de la página: <http://altanredes.com/quienes-somos/>
 20. D' Ambrosia, J., Law, D. & Nowell M. (2010). **40 Gigabit Ethernet and 100 Gigabit Ethernet**. EUA: Ethernet Alliance. Obtenido en octubre 24, 2016 de la página: http://www.ethernetalliance.org/wp-content/uploads/2011/10/document_files_40G_100G_Tech_overview.pdf
 21. Diario Oficial de la Federación (2007). **EXTRACTO del Título de Concesión para instalar, operar y explotar una red pública de telecomunicaciones, para la prestación de los servicios de provisión y arrendamiento de capacidad de la Red, y la comercialización de la capacidad adquirida respecto de redes de otros concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones, en 71 localidades del país, otorgado en favor de la Comisión Federal de Electricidad**. México. Obtenido en junio 20, 2016 de la página: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4947274&fecha=11/01/2007
 22. Diario Oficial de la Federación (2009). **Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes**. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido en junio 17, 2016 de la página: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5077026&fecha=08/01/2009
 23. Diario Oficial de la Federación (2015). **Ley Orgánica de la Administración Pública Federal**. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido en junio 16, 2016 de la página: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/153_30dic15.pdf
 24. Diario Oficial de la Federación. (2013). **Reforma Constitucional en Materia de Telecomunicaciones y Competencia**. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido en mayo 8, 2016 de la página: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013
 25. EXFO (2012). **La guía FTTH PON: Realización de pruebas de redes ópticas pasivas**. Canadá: EXFO. Obtenido en septiembre 12, 2016 de la página:
-

-
- <http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf>
26. Fernández, F., & Fadul, L. M. (1988). ¿Puede América Latina producir fibras ópticas?. *Diálogo de la Comunicación*. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://dialogosfelafacs.net/wp-content/uploads/2012/01/21-revista-dialogos-puede-america-latina-producir-fibras-opticas.pdf>
 27. Fiber To The Home Council (2015). *Revista LATAM CHAPTER Edición 2015*. Obtenido en diciembre 06, 2016 de la página: <http://www.ftthcouncil.org/LATAMChapter>
 28. Fiber To The Home Council (2016). *About Us. What is FTTH?*. Obtenido en abril 12, 2016 de la página: <http://www.ftthcouncil.org/p/cm/ld/fid=25>
 29. FibreMex (2016). *Biblioteca Técnica. Info técnica*. Obtenido en abril 11, 2016 de la página: <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&id=3&t=3&st=4>
 30. Flores-Roux, E., Mariscal, J. (2010). *Política de Generación de Infraestructura de Telecomunicaciones en México: Una Crítica*. p. 28. Obtenido en marzo 15, 2016 de la página: <http://dirsi.net/sites/default/files/DIRSI MARTA 10 MX Licitaci%C3%B3n%20fibra%20%C3%B3ptica%20CFE.pdf>
 31. Forbes Staff (17 de noviembre de 2016). Axtel y Megacable ganan el mayor proyecto de telecomunicaciones del sexenio. *Forbes*. México: Forbes. Obtenido en enero 22, 2017 de la página: http://www.forbes.com.mx/axtel-y-megacable-ganan-el-mayor-proyecto-de-telecomunicaciones-del-sexenio/#gs.yPub_tA
 32. France Très Haut Débit (2015). *Qu'est-ce que le Plan France Très Haut Débit?*. Francia: France Très Haut Débit. Obtenido en julio 19, 2016 de la página: <http://www.francethd.fr/le-plan-france-tres-haut-debit/qu-est-ce-que-le-plan-france-tres-haut-debit.html>
 33. Fransén, K. (2016). *The Swedish Telecommunications Market – First Half-year 2016*. p. 8. Suecia: PTS. Obtenido en marzo 07, 2017 de la página: <https://www.pts.se/upload/Rapporter/Tele/2016/Swedish-Telecommunications-Market-2015.pdf>
 34. González, A. (2012). *RedUNAM Metropolitana: Diseño, pruebas y prelicitación*. México: Facultad de Ingeniería, UNAM. Obtenida en noviembre 23, 2016 de la página: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/2559?show=full>
 35. Google Fiber (2016). *What is fiber*. Obtenido en junio 15, 2016 de la página: <https://fiber.google.com/newcities/>
-

-
36. Gouvernement (2016). *Plan France Très Haut Débit*. Francia: Gouvernement. Obtenido en julio 25, 2016 de la página: <http://www.gouvernement.fr/action/le-plan-france-tres-haut-debit>
 37. Government Offices of Sweden (2009). *Broadband Strategy for Sweden*. Suecia: Government Offices of Sweden. Obtenido en agosto 29, 2016 de la página: <http://www.government.se/contentassets/0bce88ee130f4892ac1590fbc242aaa7/broadband-strategy-for-sweden>
 38. Grupo Megacable Holdings (2016). *Resultados del tercer trimestre de 2016*. p. 1. México: Grupo Megacable Holdings. Obtenido en febrero 13, 2017 de la página: http://inversionistas.megacable.com.mx/reportesES_pdf/3Q16.pdf
 39. Grupo Salinas (2016). *Nuestra empresa. Totalplay*. México: Grupo Salinas. Obtenido en enero 16, 2017 de la página: <http://www.gruposalinas.com.mx/es/totalplay>
 40. Grupo Televisa (2015). *Reporte Anual 2015*. México: Grupo Televisa. Obtenido de la página: <http://i2.esmas.com/documents/2016/05/02/3603/descripcion-del-negocio-2015.pdf>
 41. Guevara, J. (2010). *Tecnologías de redes PON*. Colombia: Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. Obtenido en noviembre 28, 2016 de la página: http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PONAPON_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf
 42. Hernández Rodríguez, J. (2010). *Telecomunicaciones por sistemas ópticos*. México: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido en abril 13, 2016 de la página: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7693/ice%20297.pdf?sequence=1>
 43. Hinojosa, L. (2007). *Tópicos selectos de fibra óptica*. p. 4. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Obtenido en abril 26, 2016 de la página: <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf>
 44. Huurdeman, A. A. (2003). *The worldwide history of telecommunications*. Obtenido en marzo 28, 2016 de la página: <https://books.google.com.mx/books?id=SnjGRDVIUL4C&pg=PA472&lpg=PA472&dq=history+ftth&source=bl&ots=qJeVnle0Q8&sig=02hhdIzESzdp9jPxqz0emqwZbT8&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjwz0GVwd3LahXrk4MKHS3zBRs4ChDoAQghMAE#v=onepage&q&f=false>
-

-
45. Instituto Federal de Telecomunicaciones (2016). *Usuarios y Audiencias. ¿Qué es el IFT? Glosario*. Obtenido en abril 12, 2016 de la página: <http://www.ift.org.mx/usuarios-y-audiencias/que-es-el-ift/glosario>
 46. Instituto Federal de Telecomunicaciones (2016). *Oferta de Referencia para la Desagregación del Bucle Local (OREDA-Telmex)*. México: Instituto Federal de Telecomunicaciones. Obtenido en enero 31, 2017 de la página: http://www.ift.org.mx/sites/default/files/conocenos/pleno/sesiones/acuerdoliga/pifttext24111637anexos_1.pdf
 47. Instituto Federal de Telecomunicaciones (2016). *Tercer Informe Trimestral Estadístico 2016*. México: IFT. Obtenido en enero 12, 2017 de la página: <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/estadisticas/3ite16accvf.pdf>
 48. Izzi (2015). *Nosotros*. Obtenido en abril 19, 2016 de la página: <https://www.izzi.mx/nosotros>
 49. Izzi (2016). *Conoce más. Acerca de izzi*. Obtenido en enero 22, 2017 de la página: <https://www.izzi.mx/nosotros>
 50. Jianlin, W. (2005). *FTTH in China*. p. 92. Obtenido en marzo 28, 2016 de la página: <http://www.slideshare.net/heroofit/ftth-in-china>
 51. Kaminow, I., Li, T., & Willner, A. E. (2010). *Optical fiber telecommunications VB: systems and networks*. Obtenido en marzo 28, 2016 de la página: <https://books.google.fr/books?id=xTlonQZI7TMC&pg=PA458&dq=biarritz+ftth&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiispX3rLLAhVEvoMKHQsjD6EQ6AEIQDAC#v=onepage&q=biarritz%20ftth&f=false>
 52. Keiser, G. (2006). *FTTX concepts and applications*. EUA: John Wiley & Sons. Obtenido en abril 12, 2016 de la página: <https://books.google.com.mx/books?id=F9QVc-YfZk8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
 53. Lattanzi, M., Graf, A. (2008). *Redes FTTx. Conceptos y aplicaciones. IEEE Argentina*. p. 18. Obtenido en abril 12, 2016 de la página: <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL%209%20Lattanzi%20y%20Gra-%20IEEE.pdf>
 54. Leiva, A., Tarifeño, M., Olivares, R. (2007). *Efectos de la dispersión por modo de polarización (PMD) en la propagación de pulsos a través de fibras ópticas*. Chile: Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 15. Obtenido en abril 28, 2016 de la página: <http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v15n3/art14.pdf>
-

-
55. Li-Fi (2016). *Li-Fi Consortium*. Holanda: Li-Fi. Obtenido en octubre 18, 2016 de la página: <https://www.lifi.nl/li-fi-consortium/>
56. Lindholt, C., Olofsson, H., Ronnberg, J., & Meyer, J. (1994) *Ericsson Review Vol. 2*. Obtenido en marzo 26, 2016 de la página: [http://ericssonhistory.com/Global/Ericsson%20review/Ericsson%20Review.%201994.%20V.71/Ericsson Review Vol 71 1994 2.pdf](http://ericssonhistory.com/Global/Ericsson%20review/Ericsson%20Review.%201994.%20V.71/Ericsson%20Review%20Vol%2071%201994%202.pdf)
57. López, M., Moschim, E. & Rudge, F. (2009). Estudio comparativo de redes GPON y EPON. *Scientia et Technica*. Año XV, no. 41. Obtenido en noviembre 28, 2016 de la página: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4732651.pdf>
58. Lozano B., Alejandro. (2014). *Estudio de las redes FTTH y despliegue de una red FTTH en el barrio de los Bermejales, Sevilla*. España: Universidad de Sevilla. Obtenido en agosto 12, 2016 de la página: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12224/fichero/PFC_AlejandroLozanoBlanco.pdf
59. Lucas, N. (13 de enero de 2016). ¿Está cerca TELMEX de ofrecer televisión en México?. *El Economista*. México: El Economista. Obtenido en diciembre 07, 2016 de la página: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2016/01/13/cerca-TELMEX-ofrecer-television-mexico>
60. Lucas, N. (14 de diciembre de 2015). ¿Cómo ayuda al usuario la apertura de la red de TELMEX?. *El Economista*. México: El Economista. Obtenido en diciembre 07, 2016 de la página: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/12/14/como-ayuda-usuario-apertura-red-TELMEX>
61. Lucas, N. (30 de octubre de 2014). Izzi Telecom, el nuevo jugador en triple play. *El Economista*. Obtenido en abril 19, 2016 de la página: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2014/10/30/grupo-televisa-encara-telmex-izzi-telecom>
62. Lucas, N. (30 de septiembre 2015). Totalplay quiere un cuádruple play con la red compartida. *El Economista*. Obtenido en abril 19, 2016 de la página: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/09/30/totalplay-quiere-cuadruple-play-red-compartida>
63. Mánica Rincón, M. (2013). *Estudio de la fibra óptica y sus aplicaciones*. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32715/1/manicarinconmanuel.pdf>
-

-
64. Martínez, C. (26 de agosto de 2016). Totalplay busca proveer a Red Compartida. *El Universal*. México: El Universal. Obtenido en enero 17, 2017 de la página: <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/cartera/telecom/2016/08/26/totalplay-busca-proveer-red-compartida>
65. MetroCarrier (2016). *Carriers. Transporte de última milla*. México: MetroCarrier. Obtenido en febrero 13, 2017 de la página: <http://www.metrocarrier.com.mx/transporte-de-ultima-milla-carriers/>
66. Millán T., R. (2008). GPON (Gigabit Passive Optical Network). *Bit*. Diciembre 2007-Enero 2008, no. 166. Obtenido en septiembre 12, 2016 de la página: <http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit166/63-67.pdf>
67. Millán, R. & Esfandiari S. 40 y 100 Gigabit Ethernet. *Bit*. Febrero-Marzo 2010, no. 179. Obtenido en octubre 25, 2016 de la página: <http://www.ramonmillan.com/documentos/100gigabitethernet.pdf>
68. Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones (2016). *Information and Communications in Japan 2016*. Japón: Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones. Obtenido en marzo 12, 2017 de la página: <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/eng/WP2016/chapter-5.pdf>
69. NTT (2016). *Corporate Profile 2016*. Japón: NTT. Obtenido en marzo 21, 2017 de la página: http://www.ntt.co.jp/about_e/pdf/NTT_catalog2016_E_A3.pdf
70. Nuñez, I. M. (1995). Teléfonos de México: modernización, privatización y nuevas relaciones laborales. *Espiral: Estudios sobre Estado y Sociedad*, 2(3), 133-154. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/pperiod/espiral/espiralpdf/Espiral3/133-154.pdf>
71. Orange (2016). *Information financière du 3ème trimestre 2016*. Francia: Orange. Obtenido en febrero 22, 2017 de la página: https://www.orange.com/fr/content/download/39185/1251684/version/2/file/CP_Orange_Q32016_25102016.pdf
72. Orange (2016). *Le groupe. Investisseurs. Derniers résultats consolidés*. Francia: Orange. Obtenido en febrero 22, 2017 de la página: <https://www.orange.com/fr/Groupe/Investisseurs/Presentations-financieres/Derniers-resultats-consolides>
-

-
73. Orange (2016). **Résultats financiers d'Orange**. Francia: Orange. Obtenido en febrero 22, 2017 de la página: <https://www.orange.com/fr/content/download/39186/1251688/version/4/file/Q3%202016%20presentation%20FR%20sans%20script-%20vdef.pdf>
74. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2009). **Working Party on Communication Infrastructures and Services Policy**. Obtenido en octubre 4, 2016 de la página: www.oecd.org/internet/broadband/44381795.pdf
75. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2012). **Estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en México**. Obtenido en abril 5, 2016 de la página: <http://www.oecd.org/centrodemexico/49528111.pdf>
76. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2015). **Percentage of fibre connections in total broadband**. Obtenido en diciembre 05, 2016 de la página: <http://www.oecd.org/internet/broadband/oecdbroadbandportal.htm>
77. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2015). **Growth of fibre subscriptions**. Obtenido en diciembre 05, 2016 de la página: <http://www.oecd.org/internet/broadband/oecdbroadbandportal.htm>
78. Pellerin, F. (2016). **Plan France Très Haut Débit. Dossier de presse**. Francia: France Très Haut Débit. Obtenido en julio 25, 2016 de la página: http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/economie-numerique/tres-haut-debit/plan-france-tres-haut-debit-dp-2014-02.pdf
79. Peralta, L. (30 de octubre de 2014). Bestel, soporte de la nueva marca de Televisa. **Expansión**. Obtenido en abril, 2016 de la página: <http://expansion.mx/negocios/2014/10/30/bestel-soporte-de-la-nueva-marca-de-televisa>
80. Pereda, J. A. M. (2015). El largo y sinuoso camino de la fibra óptica. **Revista Española de Física**, 29(1), 11-17. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://www.revistadefisica.es/index.php/ref/article/view/2039/1646>
81. Pereda, M. (2001). **Páginas para una historia de las comunicaciones ópticas y la fotónica**. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: [http://oa.upm.es/39090/1/Paginas para una historia de las comunicaciones opticas y la fotonica.pdf](http://oa.upm.es/39090/1/Paginas%20para%20una%20historia%20de%20las%20comunicaciones%20opticas%20y%20la%20fotonica.pdf)
82. Pereda, M. (2007). **El alba de las comunicaciones ópticas: de la Revolución Francesa al Imperio**. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página:
-

-
- [http://oa.upm.es/25713/1/El alba de las comunicaciones opticas de la revolucion frances a al imperio.pdf](http://oa.upm.es/25713/1/El_alba_de las_comunicaciones_opticas_de_la_revolucion_frances_a_al_imperio.pdf)
83. Pereda, M., & Muriel Fernández, M. Á. (1982). De cómo lo analógico y lo digital se imbrican en comunicaciones ópticas. *Bit. Boletín informativo de telecomunicación*, (24), 45-51. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: [http://oa.upm.es/35065/1/De como lo analogico y lo digital se imbrican en comunicacion es opticas.pdf](http://oa.upm.es/35065/1/De_como_lo_analogico_y_lo_digital_se_imbrican_en_comunicacion_es_opticas.pdf)
84. Pérez, S. (2016). *Optical Transport Network*. Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido en noviembre 11, 2016 de la página: [https://www.academia.edu/21743545/Optical Transport Network OTN](https://www.academia.edu/21743545/Optical_Transport_Network_OTN)
85. Pinto García, R. A. (2014). *Sistemas de comunicaciones ópticas*. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: <http://repository.unimilitar.edu.co:8080/bitstream/10654/11995/1/Com%20opticas%20V.2014-03-28%20PDF.pdf>
86. Pinto, R., Cabezas, A. (2014). *Sistemas de comunicaciones ópticas*. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
87. Polishuk, P. *Submarine Fiber Optic Communications Systems*. Information Gatekeepers Inc. Obtenido en marzo 21, 2016 de la página: [https://books.google.com.mx/books?id=12yJAfoplKwC&pg=PA8&lpg=PA8&dq=Polishuk,+P.+ \(1993\)+Submarine+Fiber+Optic+Communications+Systems.+Information+Gatekeepers+Inc.+ p.8.&source=bl&ots=BERIXdDq8k&sig=35cG0dV8qbwaCE07TKGGANyNDm8&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjRpcGw6PzLAhVQ1GMKHRExB-4Q6AEIGjAA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=12yJAfoplKwC&pg=PA8&lpg=PA8&dq=Polishuk,+P.+ (1993)+Submarine+Fiber+Optic+Communications+Systems.+Information+Gatekeepers+Inc.+ p.8.&source=bl&ots=BERIXdDq8k&sig=35cG0dV8qbwaCE07TKGGANyNDm8&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjRpcGw6PzLAhVQ1GMKHRExB-4Q6AEIGjAA#v=onepage&q&f=false)
88. Presidencia de la República (2007). *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. México: Presidencia de la República. Obtenido en mayo 07, 2016 de la página: http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/pdf/PND_2007-2012.pdf
89. Presidencia de la República (2013). *Estrategia Digital Nacional*. Obtenido en abril 7, 2016 de la página: <http://cdn.mexicodigital.gob.mx/EstrategiaDigital.pdf>
90. Presidencia de la República (2013). *Estrategia Digital Nacional*. México: Presidencia de la República. Obtenido en mayo 08, 2016 de la página: <http://cdn.mexicodigital.gob.mx/EstrategiaDigital.pdf>
91. Presidencia de la República (2013). *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. México. Obtenido en mayo 8, 2016 de la página: <http://pnd.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PND.pdf>
-

-
92. Rani, J., Chauhan, P. & Tripathi, R. (2012). Li-Fi (Light Fidelity)-The future technology In Wireless communication. *International Journal of Applied Engineering Research*. Vol.7 No. 11. Obtenido en octubre 20, 2016 de la página: <http://caidat.org/m4atomp3/4351457000735028.pdf>
93. Real Academia Española (2016). **Diccionario de la lengua española**. Obtenido en abril 25, 2016 de la página: <http://dle.rae.es/?id=A58xn3c>
94. Telecomm (2017). **Red Troncal**. México: Telecomm. Obtenido en febrero 15, 2017 de la página: <http://www.telecomm.gob.mx/rtroncal/>
95. Ruelas, A. L. (1996). *México y Estados Unidos en la revolución mundial de las telecomunicaciones*. p. 25. Obtenido en marzo, 10 de 2016 de la página: <http://lanic.utexas.edu/la/mexico/telecom/Libro TELECOM.pdf>
96. Sanchis, E. (2004). *Fundamentos y electrónica de las comunicaciones*. España: Universidad de Valencia. Obtenido en abril 25, 2016 de la página: https://books.google.com.mx/books?id=kZKsps2_F4YC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
97. Sanchis, E., Ejea, Juan B (2008). *Dispositivos para sistemas de comunicaciones ópticas*. p. 2. España: Universidad de Valencia. Obtenido en abril 11, 2016 de la página: http://www.uv.es/=esanchis/cef/pdf/Temas/C_T3.pdf
98. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2009). *Estrategia Nacional de Conectividad*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Obtenido en mayo 07, 2016 de la página: http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/229699/613925/file/Estrategia_Nacional_de_Conectividad_2009-2010.pdf+Estrategia+Nacional+de+Conectividad+2009+-+2010&hl=es&gl=mx&pid=bl&srcid=ADGEESjOys7C_JWfuf98_019XsM7OybS0adu7EqqXm4lqXDcfRo-ID7cBfUqcmmCPFRJonh7NfEgRogaUAoX4dmN25NemT3UTl270JWf92v3WiBZw0pCLlcY-t4nBF0_H6W5zbXweBOD&sig=AHIEtbRxMg4kF7rUPPdRILJ2tZA-2wG_0Q
99. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2012). *AgendaDigital.mx*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Obtenido en mayo 08, 2016 de la página: http://www.sct.gob.mx/uploads/media/AgendaDigital_mx.pdf
100. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2013). *Programa Sectorial de Telecomunicaciones*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Obtenido en mayo 8, 2016 de la página:
-

[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/banners/Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/banners/Programa_Sectorial_de_Comunicaciones_y_Transportes.pdf)

101. Sendra, J. (1999). *Características de transmisión de fibras ópticas*. España: Universidad de las Palmas de Nueva Granada, Instituto Universitario de Microelectrónica Aplicada. Obtenido en abril 28, 2016 de la página: [http://www.iuma.ulpgc.es/users/jrsendra/Docencia/Com Opt I/download/Com Opt I/Temario/caracteristicas.pdf](http://www.iuma.ulpgc.es/users/jrsendra/Docencia/Com_Opt_I/download/Com_Opt_I/Temario/caracteristicas.pdf)
102. Sin autor (2010). Telefónica y Televisa ganan fibra óptica. *Expansión*. Obtenido en abril 5, 2016 de la página: <http://expansion.mx/negocios/2010/06/10/televisa-telefonica-fibra-optica-cfe-cnn>
103. Sin autor (2016). *Sistemas de comunicación: Introducción*. Uruguay: Instituto de Ingeniería Eléctrica, Universidad de la República. Obtenido en abril 26, 2016 de la página: https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/86598/mod_resource/content/2/clase1_2016_1.pdf
104. Sin autor. *Capítulo 2. Sistemas de comunicaciones ópticas*. p. 4. México: Universidad de Sonora. Obtenido en abril 11, 2016 de la página: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/22787/capitulo2.pdf>
105. Szymanczyk, O. (2013). *Historia de las telecomunicaciones mundiales*. Obtenido en febrero 21, 2016 de la página: https://books.google.com.mx/books?id=yjk0AgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
106. Telebrás (2011). *Setor Elétrico e Petrobras são parceiros estratégicos da Telebras*. Obtenido en julio 29, 2016 de la página: <http://www.telebras.com.br/inst/?p=3364>
107. TELMEX (2016). *Telmex*. Obtenido en abril 19, 2016 de la página: <http://www.telmex.com/web/hogar>
108. Telstra (2017). *About Us. Our Company. Past*. Australia: Telstra. Obtenido en marzo 13, 2017 de la página: <https://www.telstra.com.au/aboutus/our-company/past>
109. Tsonev, D., Videv, S. & Haas, H. (2014). *Light Fidelity (Li-Fi): Towards All-Optical Networking*. Reino Unido: Universidad de Edimburgo. Obtenido en octubre 10, 2016 de la página: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org.pbidi.unam.mx:8080/pdfaccess.ashx?ResourceID=6420963&PDFSource=24>
110. UIT (2005). *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas*. Obtenido en septiembre 13, 2016 de la página: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.1-200501-I/es>

-
111. UIT (2013). **Banda Ancha**. Obtenido en abril 7, 2016 de la página: <https://www.itu.int/en/wtpf-13/Documents/background-er-wtpf-13-broadband-es.pdf>
 112. UIT-R (1999). **F.1399: Terminología del acceso inalámbrico**. Obtenido en diciembre 15, 2016 de la página: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.1399-0-199905-S!!PDF-S.pdf
 113. UIT-T (2005). **G.983.1: Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas**. Obtenido en noviembre 28, 2016 de la página: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.1-200501-I/es>
 114. UIT-T (2007). **G.651.1: Características de los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 µm para la red de acceso óptico**. Obtenido en agosto 2, 2016 de la página: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.651.1-200707-I/es>
 115. UIT-T (2009). **G.652: Características de las fibras y cables ópticos monomodo**. Obtenido en agosto 2, 2016 de la página: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-200911-I/es>
 116. URSEC (2016). **Evolución del sector de telecomunicaciones en Uruguay**. Uruguay: URSEC. Obtenido en marzo 22, 2017 de la página: https://www.ursec.gub.uy/wps/wcm/connect/ursec/e2763c0b-5780-4f0f-88bb-f55db2bd999e/Informe+Telecomunicaciones+%28junio+2016%29+Corregido..pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=e2763c0b-5780-4f0f-88bb-f55db2bd999e
 117. Vásquez, C. & Albán, T. (2013). **Diseño de una Red OTN Soportada en la Red de Transporte DWDM para CELEC EP- TRANSELECTRIC**. Ecuador: Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte. Obtenido en noviembre 23, 2016 de la página: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1947/1/04%20RED%20025%20%20ARCHIVO%20T%C3%89CNICO.pdf>
 118. Vásquez, E. (2009). **Estudio de redes de transporte óptico (OTN), como plataforma para redes multiservicios**. Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido en noviembre 16, 2016 de la página: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4172/1/CD-2559.pdf>

Audiovisuales

1. Haas, H. (2011). **Harald Haas: datos inalámbricos en cada foco incandescente**. [Archivo de video]. EUA: TED. Obtenido en octubre 14, 2016 de la página: https://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb?language=es

Listado de figuras, tablas y gráficas

Figuras

Figura 1. Estación receptora y transmisora del telégrafo de fuego	6
Figura 2. Telégrafo de agua	7
Figura 3. Telégrafo de Chappe	8
Figura 4. (a) Parte emisora del fotófono. (b) Parte receptora del fotófono.	9
Figura 5. Charles Kao en 1965, realizando pruebas a la fibra óptica en STL.....	12
Figura 6. Cable Submarino de fibra óptica “FLAG Europe-Asia”	18
Figura 7. Cable submarino “Maya-1”	22
Figura 8. Cable submarino “ARCOS-1”	22
Figura 9. Cable Submarino “AMX-1”	24
Figura 10. Espectro visible	28
Figura 11. Fenómeno de reflexión.....	29
Figura 12. Refracción y reflexión total interna	29
Figura 13. Diagrama a bloques de un sistema de comunicación	31
Figura 14. Diagrama a bloques de un sistema de comunicación óptica.....	31
Figura 15. Estructura de la fibra óptica.....	33
Figura 16. Comparación de la dimensión del núcleo de fibras monomodo y multimodo.....	35
Figura 17. Dispersión modal.....	36
Figura 18. Dispersión por polarización de modo.....	37
Figura 19. Esquemas ilustrativos de las arquitecturas FTTx.....	38
Figura 20. Arquitectura general de una red PON.....	64
Figura 21. Arquitecturas FTTx.....	68
Figura 22. Configuraciones P2P y PTMP	74
Figura 23. Soporte de diversos protocolos a través de OTN.....	79
Figura 24. Estructura de una OTN.....	80
Figura 25. Encapsulamiento de una señal en una OTN	81
Figura 26. Funcionamiento básico de Li-Fi	84
Figura 27. Suscripciones a banda ancha fija en México hasta septiembre de 2016	90
Figura 28. Evolución de las diferentes tecnologías de acceso en los últimos años.....	90
Figura 29. Distribución del mercado de banda ancha fija hasta septiembre de 2016.....	91
Figura 30. Distribución por operador del número de abonados de banda ancha vía fibra óptica hasta septiembre de 2016	92
Figura 31. Red Alestra	110

Figura 32. Cobertura de Totalplay en la Ciudad de México y Área Metropolitana.....	112
Figura 33. Suscripciones a banda ancha fija de 2009 a 2015 en Japón.....	118
Figura 34. Presencia a nivel mundial de NTT Communications.....	120
Figura 35. Distribución de velocidades en París y alrededores	121
Figura 36. Despliegue de redes FTTH en Francia hasta septiembre de 2016.....	122
Figura 37. Presencia mundial actual de Orange.....	123
Figura 38. Crecimiento del uso de la fibra óptica en Suecia.....	133
Figura 39. Mercado de servicios fijos de banda ancha en Suecia hasta junio de 2016.....	134
Figura 40. Suscriptores a Internet por tecnología en Australia	139
Figura 41. Mercado de banda ancha fija en Australia	140
Figura 42. Número de suscriptores a banda ancha fija en Uruguay hasta junio de 2016.....	146
Figura 43. Suscriptores a banda ancha fija por tecnología de acceso en Uruguay hasta junio de 2016	147
Figura 44. Suscriptores a banda ancha por operador en Uruguay hasta junio 2016.....	147
Figura 45. Relación entre las propuestas 7.1, 7.2 y 7.3	169

Tablas

Tabla 1. Clasificación general de los medios de transmisión	30
Tabla 2. Características de las arquitecturas FTTx	37
Tabla 3. Etapas de instalación de la red de fibra óptica.....	47
Tabla 4. Características de la fibra óptica y cables ópticos multimodo 50/125 μm de índice gradual, de acuerdo a la Recomendación UIT-T G.651.1	57
Tabla 5. Atributos y valores necesarios para soportar aplicaciones mencionadas en las Recomendaciones UIT-T G.957 y UIT-T G.691 para sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbps hasta 40 km y STM-256 de la Recomendación UIT-T G.693	58
Tabla 6. Atributos y valores necesarios para soportar aplicaciones de mayor velocidad de canal, hasta STM-64 para las aplicaciones contenidas en las Recomendaciones UIT-T G.691 y UIT-T G.692 y STM-256 para las aplicaciones de las Recomendaciones UIT-T G.693 y UIT-T G.959.1.....	59
Tabla 7. Atributos y valores necesarios para soportar aplicaciones mencionadas en las Recomendaciones UIT-T G.957 y UIT-T G.691 para sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbps	

hasta 40 km y STM-256 de la Recomendación UIT-T G.693 en un rango de longitud de onda extendido, de 1360 nm a 1530 nm.....	60
Tabla 8. Atributos y valores necesarios para soportar aplicaciones de mayor velocidad de canal, hasta STM-64 para las aplicaciones contenidas en las Recomendaciones UIT-T G.691 y UIT-T G.692 y STM-256 para las aplicaciones de las Recomendaciones UIT-T G.693 y UIT-T G.959.1 en un rango de longitud de onda extendido, de 1360 nm a 1530 nm.....	61
Tabla 9. Valores representativos de los enlaces de fibra óptica concatenados.....	61
Tabla 10. Retardo diferencial de grupo.....	62
Tabla 11. Velocidades definidas por la UIT-T para redes ATM-PON.....	69
Tabla 12. Velocidades definidas por la UIT-T para las redes B-PON.....	69
Tabla 13. Velocidades definidas por la UIT-T para redes GPON.....	70
Tabla 14. Resumen de las tecnologías PON más importantes.....	72
Tabla 15. Resumen de las especificaciones de la capa física establecidas por el estándar IEEE 802.3ba.....	76
Tabla 16. Resumen de las especificaciones subcapa PMD.....	77
Tabla 17. Velocidades OPU _k , ODU _k y OTU _k	81
Tabla 18. Número de suscriptores de banda ancha a través de fibra óptica por operador.....	91
Tabla 19. Planes <i>Infinitum Puro</i> para hogar.....	95
Tabla 20. Paquetes <i>Infinitum</i> para hogar.....	96
Tabla 21. Planes <i>Infinitum Puro Negocio</i>	97
Tabla 22. Paquetes <i>Infinitum Negocio</i>	97
Tabla 23. Modalidades de <i>Infinitum</i> disponibles para la reventa.....	99
Tabla 24. Modalidades de paquetes <i>Infinitum</i> disponibles para la reventa.....	99
Tabla 25. Paquetes <i>doble play</i> para hogar ofertados por izzi mediante fibra óptica.....	102
Tabla 26. Velocidades a las que puede ser incrementada la velocidad de los paquetes <i>doble play</i> ...	102
Tabla 27. Paquetes <i>doble play</i> para negocios que izzi ofrece a través de fibra óptica.....	102
Tabla 28. Paquetes <i>doble play</i> ofrecidos por Megacable a través de fibra óptica a clientes residenciales.....	103
Tabla 29. Paquetes <i>triple play</i> ofrecidos por Megacable a través de fibra óptica a clientes residenciales.....	104
Tabla 30. Paquetes de Megacable disponibles para negocios mediante fibra óptica.....	104
Tabla 31. Servicios que MetroCarrier provee mediante fibra óptica a empresas, corporativos y sector público.....	105

Tabla 32. Paquetes <i>Axtel Acceso Universal</i> para clientes residenciales	107
Tabla 33. Paquetes <i>AXTEL X-tremo</i> para clientes residenciales	107
Tabla 34. Paquetes <i>Axtel Acceso Universal</i> para negocios	107
Tabla 35. Paquetes <i>AXTEL X-tremo</i> para negocios	108
Tabla 36. Paquetes <i>triple play</i> de Axtel	109
Tabla 37. Servicios IT y de telecomunicaciones de Alestra	110
Tabla 38. Paquetes <i>doble play</i> de Totalplay para hogar	113
Tabla 39. Paquetes <i>triple play</i> de Totalplay para hogar	114
Tabla 40. Paquetes de Totalplay para negocio	115
Tabla 41. Comparativa de los proveedores de servicios de telecomunicaciones que ofrecen sus servicios mediante fibra óptica en México	117
Tabla 42. Plan de Internet <i>FLET'S HIKARI NEXT Giga Family Smart Type</i> para hogar	119
Tabla 43. Planes de Internet <i>FLET'S HIKARI NEXT Giga Mansion Smart Type</i> para clientes residenciales	119
Tabla 44. Paquetes <i>triple play</i> sobre fibra óptica que Orange ofrece a clientes residenciales en Francia	124
Tabla 45. Paquetes <i>triple play</i> con contenido exclusivo de CANAL entregados a clientes residenciales mediante fibra óptica	125
Tabla 46. Paquetes <i>Open</i> de Orange entregados vía fibra óptica a clientes residenciales	126
Tabla 47. Paquetes <i>Open</i> con contenido exclusivo de CANAL entregados vía fibra óptica a clientes residenciales	128
Tabla 48. Paquetes <i>doble play</i> entregados vía fibra óptica que Orange tiene disponibles para empresas y negocios	130
Tabla 49. Alternativas en telefonía fija y móvil para contratación de un paquete <i>Orange Open Pro Fibre</i> para empresas y negocios	131
Tabla 50. Precio de los paquetes <i>Orange Open Pro Fibre</i> para empresas y negocios	132
Tabla 51. Paquetes de Internet que ofrece Telia mediante fibra óptica a clientes residenciales	135
Tabla 52. Paquetes <i>doble play</i> : Internet y televisión entregados vía fibra óptica para hogares	136
Tabla 53. Paquetes <i>doble play</i> : Internet y telefonía entregados vía fibra óptica para hogares	136
Tabla 54. Paquetes <i>triple play</i> para hogares ofrecidos por Telia a través de fibra óptica	137
Tabla 55. Ofertas vía fibra óptica para clientes empresariales	137
Tabla 56. Paquetes <i>doble play</i> para clientes empresariales que Telstra entrega gracias a la NBN en zonas donde se encuentran disponibles las arquitecturas FTTx	141

Tabla 57. Paquetes <i>doble y triple play</i> para clientes empresariales que Telstra entrega gracias a la NBN en zonas donde se encuentran disponibles las arquitecturas FTTx.....	142
Tabla 58. Paquetes <i>Telstra Business Broadband Plans</i> que Telstra ofrece a clientes dueños de pequeños negocios	143
Tabla 59. Paquete <i>Business Bundler Offer</i> para clientes dueños de pequeños negocios.....	144
Tabla 60. Paquetes <i>Digital Office Technology</i> para clientes dueños de pequeños negocios.....	145
Tabla 61. Precios adicionales por el aumento de velocidad	145
Tabla 62. Planes de banda ancha fija para hogar con precios mensuales fijos de Antel.....	148
Tabla 63. Planes de banda ancha fija para hogar con costo extra por MB adicional.....	149
Tabla 64. Planes de Internet de Antel para empresas	149
Tabla 65. Puntos fuertes de la legislación y mercado de las comunicaciones ópticas.....	162
Tabla 66. Puntos débiles de la legislación y mercado de las comunicaciones ópticas en México	163
Tabla 67. Acotaciones de la Figura 44	169

Gráficas

Gráfica 1. Porcentaje de conexiones vía fibra óptica del total de suscripciones de banda ancha en países miembros de la OCDE	88
Gráfica 2. Crecimiento anual de suscripciones vía fibra óptica de los países miembros de la OCDE..	89
Gráfica 3. Suscripciones a banda ancha fija y a banda ancha fija a través de fibra óptica	150
Gráfica 4. Porcentaje de suscripciones de banda ancha a través de fibra óptica.....	151
Gráfica 5. Velocidades <i>download</i> mínimas y máximas ofrecidas en servicios para hogar a través de fibra óptica	152
Gráfica 6. Velocidades <i>download</i> máximas y mínimas ofrecidas en servicios para negocio a través de fibra óptica.....	153
Gráfica 7. Precio en moneda nacional por Megabit de velocidad en planes de Internet para hogar	154

Anexos

Acrónimos

100 GE	100 Gigabit Ethernet
40 GE	40 Gigabit Ethernet
ACCC	<i>Australian Competition and Consumer Commission</i> , Comisión Australiana de Competencia y Consumidor
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
Antel	Administración Nacional de Telecomunicaciones
ARCEP	Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes
AT&T	American Telephone & Telegraph
ATM	Asynchronous transfer mode/ modo de transferencia asíncrona
ATM-PON / APON	ATM passive optical network/ redes ópticas pasivas ATM
B-PON	Broadband passive optical network/ redes ópticas pasivas de banda ancha
BER	Bit error rate/ Tasa de error
C&W Networks	Cable & Wireless Networks
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CMF	China Mexico Found Investment
CWDM	Coarse wavelength division multiplexing multiplexación por división de longitud de onda ligera
dB	Decibel
dB/km	Decibel por kilometro
DBA	Dynamic bandwidth assignment/ Asignación Dinámica de Ancho de Banda
DOF	Diario Oficial de la Federación
DSF	Fibra de dispersión desplazada
DWDM	Dense wavelength division multiplexing/ multiplexación por división de longitud de onda densa
EPON	Ethernet passive optical network/ redes ópticas pasivas con capacidad Ethernet

FEC	Forward error correction/corrección de errores hacia adelante
FSAN	Full Service Access Network
FTHD	France Très Haut Débit/ Francia a Muy Alta Velocidad
FTTB	Fiber To The Building
FTTB	<i>Fiber To The Building</i>
FTTC	Fiber To The Cabinet
FTTCab	<i>Fiber To The Cabinet</i>
FTTH	Fiber To The Home
FTTN	<i>Fiber To The Node</i>
FTTO	Fiber To The Office
FTTP	<i>Fiber To The Premises</i>
FTTx	<i>Fiber To The x</i>
Gbps	Giga bit por segundo
GEM	GPON Encapsulation Method
GPON	Gigabit passive optical network/ redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabit
GTAC	Grupo de Telecomunicaciones de Alta Capacidad (solo aparece una vez)
GTE	General Telephone & Electric Corporation
HD	High Definition
HFC	<i>hybrid fiber coaxial</i> , híbridas fibra-coaxial
Hi-OVIS	Highly Interactive Optical Visual Information System
HSSG	Higher Speed Study Group
IEE	Institution of Electrical Engineers
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers/ Instituto de Ingeniería Electrónica Eléctrica
IFT	Instituto Federal de Telecomunicaciones
IP	Internet Protocol/ Protocolo de Internet
IP	Internet Protocol
IPMS	Institut für Photonische Mikrosysteme
IPTV	Televisión a través de IP
LAN	Local area network
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

LEDs	Light-emitting diodes/ diodos emisores de luz
LEDs RGB	Red-green-blue
LFTyR	Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión
Li-Fi	Light Fidelity
MAC	Medium access control/ control de acceso al medio
Mbps	Mega bits por segundo
MHz	Mega Hert
MMF	Fibra Multimodo
MPLS	Multiprotocol Label Switching
NBN	<i>New Broadband Network</i>
NKT	
nm	Nano metro
NTT	Nippon Telegraph and Telephone
OA&M	Operations, administration, and management
OAM	Operations, administration and maintenance/ operaciones, administración y mantenimiento
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OCh	Optical channel/ Canal óptico
ODN	Optical distribution network/ red de distribución óptica
ODU	Optical data unit/ Unidad óptica de datos
OH	Overhead/Cabecera
OLT	Optical line termination Terminación de línea óptica
OMS	Optical multiplex section/ Sección de multiplexación óptica
ONT	Optical network termination/ Terminaciones de red óptica,
ONU	Optical networks unit/ unidades de red óptica
OPU	Optical payload unit/unidad óptica de carga útil
OSC	Optical supervisory channel/ canal óptico de supervisión
OTH	Optical transport hierarchy
OTN	Optical transport network /Red de transporte óptico
OTS	Optical transport section/ Sección de transporte óptico
OTU	Optical transport unit/ Unidad de transporte óptico
P2P	Point-to-point/ Punto-a-punto,

PDH	Plesiochronous digital hierarchy
PGM	<i>Postmaster General's Department,</i>
PMD	Dispersión por Polarización de Modo
PMD	Physical Media Dependent/ Subcapa dependiente del medio físico
PNBL	Plan Nacional de Banda Ancha
PON	Passive optical network
PSTN	Public switched telephone network/ Red de Telefonía Pública Conmutada
PTMP	Point-to-multipoint/ Punto-a-multipunto,
PTS	<i>Post- och telestyrelsen,</i> Autoridad de Correos y Telecomunicaciones
RAE	Real Academia Española
Red NIBA	Red Dorsal Nacional de Impulso a la Banda Ancha
RF	Radiofrecuencia
RIP	Redes de Iniciativa Pública
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SDH/SONET	Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SMF	Fibra Monomodo
STL	Standard Telecommunications Laboratories
TCP	Transmission Control Protocol/ Protocolo de Control de Transmisión
TDT	Televisión Digital Terrestre
TED	Technology, Entertainment, Design
TELECOMM	Telecomunicaciones de México
TELMEX	Teléfonos de México
TI	Tecnologías de la Información
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TPON	Red Óptica Pasiva para telefonía
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-T	Sector de normalización de la UIT
URSEC	Unidad Reguladora de Servicios de Comunicaciones

VCL	Visible light communication/ comunicación por luz visible
VDSL	Very high-bit-rate Digital Subscriber Line
VoIP	<i>Voice over IP, Voz sobre IP</i>
WDM	Wavelength division multiplexing/ multiplexación por división de longitud de onda
WDM	Wavelength division multiplexing/ multiplexación por división de longitud de onda