



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TRABAJO FINAL CARRERA

Título

**ANÁLISIS DEL DESPLIEGUE TERRITORIAL DE LA
FIBRA ÓPTICA EN CATALUÑA
(722-TRE-OP-600)**

Autor/a

Eva Aranda Bodelón

Tutor/a

Miriam Villares Junyent

Departamento

Infraestructura del Transport i del Territori (ITT)

Tutor Externo

Ignasi Riu Riu

Fecha/Titulación

25 de Junio de 2013 – Enginyeria Tècnica d'Obres Públiques

ÍNDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 0 | Resumen abstracto | 5 |
| 1 | Objetivos de la tesina..... | 8 |
| 2 | Metodología de trabajo | 9 |
| 3 | Introducción | 10 |
| 4 | Análisis de las redes de fibra óptica..... | 12 |
| 4.1 | Elementos que constituyen las Redes de fibra óptica | 15 |
| 4.1.1 | Cables de fibra óptica | 15 |
| 4.1.2 | Elementos de conexión | 22 |
| 5 | Especificaciones y normativas | 26 |
| 6 | Tipologías de Infraestructuras para el despliegue de las redes de fibra óptica | 28 |
| 6.1 | Requisitos para la instalación de redes de fibra óptica | 28 |
| 6.2 | Canalizaciones subterráneas | 30 |
| 6.2.1 | Canalización mediante zanja | 30 |
| 6.2.2 | Canalizaciones de dimensiones especiales..... | 34 |
| 6.2.3 | Canalizaciones existentes | 41 |
| 6.3 | Infraestructuras aéreas..... | 47 |
| 6.3.1 | Postes | 48 |
| 6.3.2 | Torres..... | 49 |
| 6.4 | Infraestructuras submarinas..... | 50 |
| 7 | Conectividad en el territorio catalán | 54 |
| 7.1 | Inicios de la fibra óptica en el territorio catalán | 54 |
| 7.1.1 | Etapa pre-inicial: 1980 - 1990..... | 54 |
| 7.1.2 | Etapa de crecimiento: 1990 - 2000..... | 55 |
| 7.1.3 | Etapa de expansión por todo el territorio: 2000 - Actualidad..... | 59 |
| 7.2 | Actualidad..... | 65 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 7.2.1 | Operadores de telecomunicaciones | 66 |
| 7.2.2 | Entidades públicas | 72 |
| 7.2.3 | Empresas explotadoras de red de fibra | 79 |
| 7.3 | Futuro | 84 |
| 7.4 | Otras aplicaciones de la fibra óptica en la construcción | 85 |
| 8 | Conclusiones | 86 |
| 9 | Índice de contenido | 87 |
| 10 | Bibliografía | 90 |

AGRADECIMIENTOS.

Gracias a Silvia por su gran ayuda y apoyo durante la realización de este proyecto, sin ella no hubiese sido posible. Y agradecerle, todo lo que me ha aportado durante los años de carrera y trabajo.

Agradecer a mi marido los ánimos en los momentos de desánimo, para que nunca abandonara mi objetivo. Gracias por estar a mi lado y comprenderme.

Agradecer a mis padres, que si soy como soy, es gracias a ellos.

Y sin duda a mis compañeros de universidad, que me han ayudado siempre que lo he necesitado en estos años de estudios (Anna, Elena, Albert, Alain, Joan y Joan Ignasi) y por todas las vivencias, buenas y malas, vividas juntos.

0 Resumen abstracto

La fibra óptica permite la transmisión de datos mediante la luz que viaja por un medio plástico. Existen diferentes tipologías de fibras ópticas, como monomodo (la señal se propaga en un solo modo) o multimodo (se propaga en más de un modo), de estructura holgada (las fibras son agrupadas por grupos en el interior de tubos de plástico) o ajustada (cada fibra tiene su propia protección), según el número de fibras que contiene cada cable o la protección exterior del mismo. También existen cables especiales utilizados para tendidos especiales como es el caso de los cables autoportados o microcables. Además de los cables de fibra óptica para la realización de una red, se necesitan otros elementos pasivos que permiten dar continuidad a los cables hasta su punto final, como son las cajas de empalme, conectores o adaptadores.

Para el desarrollo de las redes de fibra óptica se necesitan infraestructuras que permitan el despliegue de la red, como son las canalizaciones subterráneas (zanjas, minizanjas o microzanjas) u otro tipo de infraestructuras existentes (túneles, galerías, carreteras o autopistas entre otros).

En Cataluña se empezaron a desarrollar las redes de fibra óptica a mediados de los años 80 con la utilización de las infraestructuras de las empresas eléctricas para crear nuevas redes. A partir de ese momento empezaron a desarrollarse redes que tenían como principal interés dar servicio de comunicaciones a los centros o entidades públicas pertenecientes a la Generalitat o al Ayuntamiento de Barcelona, como era el caso de l'Anella Científica que conectaba las principales Universidades y centros de investigación catalanes.

Como la fibra empezó a ser un negocio en auge en Cataluña, diferentes operadores empezaron a expandir sus redes, sobretodo creciendo de forma significativa en Barcelona y su área metropolitana. Otras entidades o empresas que tenían grandes infraestructuras vieron en este tipo de redes un gran negocio, ya que permitieron expandir redes de fibra alquilando sus infraestructuras o creando sus propias redes y alquilando las fibras.

Actualmente las redes de fibra óptica se encuentran muy expandidas en Barcelona y su área metropolitana y cada vez hay menos poblaciones que no tengan ningún acceso de fibra. La tipología de red ha variado con los años y actualmente se están implementando redes que trabajan a altas velocidades o redes del tipo FTTH (Fiber To The Home) que llevan el punto de acceso con fibras hasta los hogares de los usuarios finales.

En el futuro se prevé que las redes existentes de cobre se cambien por nuevas redes de fibra que permitirán la transmisión de datos a mucha más velocidad.

Resum abstract

La fibra òptica permet la transmissió de dades mitjançant la llum que viatja per un medi plàstic. Existeixen diferents tipologies de fibres òptiques, com la monomode (el senyal es propaga per un camí) o multimode (es propaga per més d'un camí), d'estructura folgada (les fibres són agrupades per grups en l'interior de tubs de plàstic) o ajustada (cada fibra té la seva pròpia protecció), segons el número de fibres que conté cada cable o la seva protecció exterior. També existeixen cables especials utilitzats per esteses especials com es el cas dels cables autoportats o microcables. A més dels cables de fibra òptica per la realització d'una xarxa, es necessiten altres elements passius que permeten donar continuïtat als cables fins el seu punt final, com són les caixes d'empulaments, connectors o adaptadors.

Per el desenvolupament de les xarxes de fibra òptica es necessiten infraestructures que permeten el desplegament de la xarxa, como són las canalitzacions subterrànies (rasa, minirases o microrases) o altres tipus d'infraestructures existents (túnels, galeries, carreteres o autopistes entre altres).

En Catalunya es van començar a desenvolupar les xarxes de fibra òptica a mitjans dels anys 80 amb la utilització de les infraestructures de les empreses elèctriques per crear noves xarxes. A partir d'aquest moment van començar a desenvolupar-se xarxes que tenien com principal interès donar servei de comunicacions als centres o entitats públiques que pertanyen a la Generalitat o al Ajuntament de Barcelona, como era el cas de l'Anella Científica que connectava les principals Universitats i centres de investigació catalans.

Como la fibra va començar a ser un negoci en creixement en Catalunya, diferents operadors van començar a expandir les seves xarxes, sobretot creixent de forma significativa en Barcelona y la seva àrea metropolitana. Altres entitats o empreses que tenien grans infraestructures van veure en aquest tipus de xarxes un gran negoci, ja que van permetre expandir xarxes de fibra llogant les seves infraestructures o creant les seves pròpies xarxes i llogant les fibres.

Actualment les xarxes de fibra òptica es troben molt expandides en Barcelona i la seva àrea metropolitana i cada cop hi ha menys poblacions que no tinguin cap accés de fibra. La tipologia de xarxa ha variat amb els anys i actualment s'estan implementant xarxes que treballen a altes velocitats o xarxes del tipus FTTH (Fiber To The Home) que porten el punt d'accés amb fibres fins les llars dels usuaris finals.

En el futur se prevé que las xarxes existents de coure es canvien per noves xarxes de fibra que permetran la transmissió de dades a molta més velocitat.

Abstract summary

Optical fiber allows data transmission by light travelling through a plastic medium. There are several typologies of optical fiber, such as single mode (the signal is spread in one way only), multimode (the signal is spread in more than one way), loose structure (fibers are clustered in groups inside the plastic tubes) or tight (every fiber has its own protection) depending on the number of fibers in each cable or the external protection of it. There are also special cables used for special purposes as the self-supporting cables or micro-cables. Besides the optical fiber cables, there are other passive elements needed in order to construct a fiber optic network which allows the continuity of the cable until the endpoint, like junction boxes, connectors or adapters.

There are infrastructures needed that ensure the viability of the construction for the fiber optic networks development, such as underground channels (trench, mini-trench or micro-trench) or other type of existing infrastructures (tunnels, galleries, highways...).

The construction of fiber optic networks in Catalonia started in the 80's using the electric companies infrastructure in order to create new networks. From that moment on, new networks were developed with the main interest of providing communications services to public entities belonging to the "Generalitat" or to the Barcelona town hall, like "Anella Científica" network, that connected the main catalan universities and research centers.

Fiber optics became a booming business in Catalonia and several operators started to expand their own networks, increasing them significantly in Barcelona and its surroundings. Other entities with huge infrastructures found in this kind of networks a great business, as they were hiring their own infrastructure to other companies or creating their own networks and hiring the fibers.

Nowadays, fiber optic networks are widespread in Barcelona and its surroundings and every day there are fewer villages without access to fiber optic networks. The network typology has changed through the years, and nowadays high speed or FTTH (Fiber To The Home) networks are being built, which bring the fiber access point to the customer home.

In the future it is foreseen that existing copper networks will be replaced by new fiber optic networks that will allow data transmission at higher speed.

1 Objetivos de la tesina

El principal objetivo de este estudio es conocer la evolución de las redes de fibra óptica en Cataluña.

Se realiza un análisis de las redes de fibra óptica para conocer las particularidades de las mismas y así poder conocer mejor los requisitos que estas imponen para sus despliegues. Este tipo de redes están compuestas por los cables de fibra y una serie de elementos pasivos que forman la estructura física de la red.

Para poder entender el despliegue de la red a lo largo del tiempo es necesario conocer los diferentes tipos de infraestructuras por los que se pueden desplegar las redes de fibra óptica. Se analizan tanto las infraestructuras de nueva construcción como las infraestructuras existentes. Las infraestructuras pueden ser desde canalizaciones propias de telecomunicación, hasta redes de gasoductos, alcantarillados o torres de alta y/o media tensión.

Ha sido durante los últimos 30 años cuando la evolución de las redes de fibra óptica ha experimentado su mayor crecimiento en el territorio catalán. Desde los primeros enlaces que permitían conectar centros de investigación hasta la conexión de todos los usuarios mediante fibra óptica. Es objeto de esta tesina el estudio de todas las diferentes redes de fibra óptica que se han desplegado en el territorio catalán a lo largo del tiempo.

Se estudian las redes de fibra de los diferentes operadores de telecomunicación u otras entidades, así como aquellas redes que se han desplegado con el fin de ser explotadas por terceros.

Finalmente se hace una visión de futuro de la evolución de las redes de fibra óptica en el territorio catalán.

2 Metodología de trabajo

Los métodos de trabajo utilizado para la realización de esta tesina han sido diversos.

Por una parte se han realizado entrevistas con especialistas de los principales operadores o entidades que trabajan actualmente en el sector de la fibra óptica, tales como Orange, COLT Telecom, el Ayuntamiento de Barcelona, Xarxa Oberta de Catalunya o Transports Metropolitans de Barcelona.

Otro sistema de búsqueda de información, ha sido mediante la utilización de libros o páginas web del sector, como por ejemplo la página web de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT) donde están colgadas las resoluciones aprobadas por el consejo y que regulan los trabajos de la fibra. También se han consultado páginas web de empresas que fabrican o proveedores de material para la fibra óptica, donde se pueden obtener las propiedades de los materiales que actualmente se comercializan.

Una parte muy importante de la documentación utilizada en la tesina ha sido a partir de los conocimientos adquiridos por la empresa Fibra y Sistemas S.L., con la que se ha llegado a un convenio para la tutorización de la tesina. La empresa Fibra y Sistemas S.L. lleva en el mercado de la fibra óptica desde el año 1998 y en la Obra Civil desde el año 2000, por lo que sus trabajadores tienen una amplia experiencia profesional en el sector. Parte de la documentación se ha extraído de las visitas a obra que Fibra y Sistemas ha ejecutado durante el periodo de realización de esta tesina.

3 Introducción

Es objeto de este apartado realizar una breve descripción de la cronología del desarrollo de la fibra óptica, que nos permita conocer un poco mejor los inicios de este material.

Es a mediados de los años 50 cuando los responsables de las telecomunicaciones empiezan a plantearse la utilización de la luz como medio para el transporte de la información. No es hasta 1960, cuando se fabrica el primer láser, que permite transmitir mensajes a altas velocidades.

Es en ese momento, cuando surge el primer gran problema, no hay ningún medio de transmisión que sea capaz de transmitir la luz a las velocidades requeridas. En 1966 los científicos y técnicos especializados en óptica dieron con las fibras ópticas como posible canal de comunicación para la luz transmitida por los láseres.

Las primeras fibras que se fabricaron, presentaban una gran atenuación de la señal (1dB/m que equivale a una pérdida aproximada del 20% por cada metro), no fue hasta 1970 cuando se fabrican las primeras fibras de baja atenuación (20dB/Km). En paralelo al desarrollo de fibras con mejores prestaciones, se continuó trabajando en el perfeccionamiento de los láseres, para que fueran capaces de operar a temperatura ambiente y utilizaran fuentes más compactas. Todas estas mejoras, impulsaron de gran manera al desarrollo de las redes de telecomunicación con sistemas ópticos de alta capacidad.

En 1980 se montan los primeros sistemas de comunicaciones ópticas que operaban a $0.8\mu\text{m}$ de longitud de onda (conocida como primera ventana) y transmitían a 45 Mbits/s, permitiendo distancias máximas entre punto de regeneración de la señal de 10 Km. Esta distancia máxima estaba tan limitada por la atenuación introducida por la fibra óptica al trabajar a esas longitudes de onda.

Es entonces, cuando se inician los estudios para realizar láseres capaces de transmitir a longitudes de onda más largas, disminuyendo de esta manera la atenuación generada y pudiendo aumentar la distancia máxima entre repetidores. Se crean los primeros láseres capaces de emitir a $1.3\mu\text{m}$ (segunda ventana), disminuyendo la atenuación de la fibra a 1dB/Km, pero la capacidad máxima de transmisión se ve muy limitada (100 Mbits/s) debido a la dispersión modal que genera la fibra multimodo. Es en ese momento, mediados de los años 80, cuando se empieza a utilizar fibras monomodo que eliminan el problema de la dispersión, aumentando la capacidad de transmisión y la distancia máxima entre repetidores.

A finales de los años 80 ya existían las primeras redes de telecomunicaciones comerciales que operaban con sistemas ópticos con capacidades de 1.7 Gbits/s y repetidores a 50 Km de distancia.

Como ya se ha comentado, cuanto mayor es la longitud de onda menor es la atenuación que generan las fibras. Fue en esta época cuando se empezaron a transmitir señales a $1.55\mu\text{m}$ (tercera ventana) donde la atenuación decreta hasta los 0.2 dB/Km. No todas las fibras ópticas monomodo son válidas para trabajar a estas longitudes de onda a causa de la dispersión cromática que se genera en tercera ventana.

Fue a principios de los años 90 cuando se consiguió fabricar fibras monomodo con baja dispersión cromática (10 veces menos que las fibras monomodo estándar).

En ese momento, llega la gran revolución de los sistemas de fibra óptica, con la introducción de amplificadores ópticos capaces de transmitir varias señales a diferentes longitudes de onda a la vez en la misma fibra óptica, aumentando en gran medida la capacidad de transmisión de los sistemas ópticos.

4 Análisis de las redes de fibra óptica

Las necesidades o demandas de la sociedad actual, han generado el desarrollo de nuevas redes de comunicación con mayores anchos de banda, por ello se han desarrollado las redes de fibra óptica.

Como todas las redes de comunicaciones, el ancho de banda está limitado por el propio diseño y topología de la red de comunicaciones y en el caso concreto de estas redes, existen varios factores que limitan la velocidad, como son la distancia de transmisión, el diseño de los cables, los factores físicos externos o el tipo de fibra óptica.

Al aumentar la velocidad de transmisión de las redes ópticas WDM¹ toman importancia las limitaciones debidas principalmente a los siguientes factores: Atenuación (dB/Km), Dispersión cromática (CD) y Polarización del modo de dispersión (PMD).

Como ventajas de la utilización de las redes de fibra óptica podemos tener:

- Una banda de paso muy ancha, lo que permite flujos de información muy elevados (del orden del Ghz).
- Diámetros de cable de pequeño tamaño que en las redes tradicionales de cobre, siendo más ligeros, más flexibles y con gran resistencia mecánica, facilitando su instalación. Además existen cables con gran resistencia a los cambios de temperatura y resistencia a la corrosión por humedad.
- Inmunidad total a las perturbaciones electromagnéticas o de radiofrecuencia, por lo pueden obtenerse comunicaciones limpias en medios hostiles. Esta característica de la fibra óptica también evita que se produzcan conversaciones cruzadas.
- Las fibras ópticas están compuestas por materiales dieléctricos, eliminando todas las cargas o interferencias eléctricas que les puedan llegar.
- Insensibilidad a los parásitos, lo que es una propiedad principalmente utilizada en los medios industriales fuertemente perturbados (por ejemplo, en los túneles del metro). Esta propiedad también permite la coexistencia por los mismos conductos de cables ópticos no metálicos con los cables de energía eléctrica.

¹ WDM: Wavelength Division Multiplexing, esto quiere decir, Multiplexación por división de longitud de onda, consiste en acomodar múltiples señales de luz en un solo cable, utilizando diferentes frecuencias hasta valores de 40 Gbps y superiores

- Gran seguridad. La intrusión en una fibra óptica es fácilmente detectable por el debilitamiento de la energía luminosa en recepción, además, no radia nada, lo que es particularmente interesante para aplicaciones que requieren alto nivel de confidencialidad.
- Atenuación muy pequeña independiente de la frecuencia, lo que permite salvar distancias importantes sin elementos activos intermedios. Puede proporcionar comunicaciones hasta los 70 km. antes de que sea necesario regenerar la señal, además, puede extenderse a 150 km. utilizando amplificadores láser.
- Facilidad para localizar los cortes, gracias a un proceso basado en la telemetría. Permite detectar rápidamente el lugar y posterior reparación de la avería, simplificando la labor de mantenimiento.
- Coste menor respecto al cobre.
- Expansión de las redes existentes. Los sistemas de fibra óptica bien diseñados se pueden expandir fácilmente modificando únicamente la electrónica de los equipos finales.

A pesar de las ventajas antes enumeradas, la fibra óptica presenta una serie de desventajas frente a otros medios de transmisión, siendo las más relevantes las siguientes:

- Personal cualificado. Los trabajos realizados mediante fibra óptica se tendrán que realizar con personal correctamente formado para estos trabajos. La alta fragilidad de las fibras puede generar problemas en el caso de una mala manipulación.
- Equipos finales. Existe la necesidad de usar transmisores y receptores más caros.
- Las reparaciones de las redes de fibra óptica son complejas. Por ejemplo, en el caso de un corte sobre el cable es necesario un mínimo de cable para poder hacer un empalme, y no en todas las ocasiones se dispone de éste. Además, para volver a garantizar el estado anterior de los enlaces, es necesario reemplazar toda una sección de cable.
- Conversión electro-óptica: La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión de la señal eléctrica a señal luminosa para poder ser transmitida, y la conversión contraria para poder ser obtenida.
- La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.

- La fibra óptica no transmite energía eléctrica, esto limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados.
- Las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras de silicio y producir cambios en la atenuación. El agua corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica. De aquí la importancia de los recubrimientos de los cables de fibra óptica.

Los sistemas de fibra óptica están básicamente compuestos de un transmisor, los elementos pasivos (cable de fibra óptica, cajas de empalme, conectores, etc.) y un receptor óptico. Los elementos citados trabajan de la siguiente manera en el interior de la red:

- **El transmisor.** Se considera un elemento activo de la red. Es el encargado de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o luminosa. Está físicamente cerca de la fibra óptica y puede incluso tener lentes para enfocar la luz en la fibra.
- **Los elementos pasivos.** Son aquellos que forman el canal de transmisión de la luz, como sería el caso del cable, las cajas de empalme o los conectores, entre otros.
- **Un receptor óptico.** Su función es la de recibir la señal luminosa y transformarla de nuevo en señal electromagnética, similar a la original, para que los usuarios finales (ordenadores, TV, etc.) puedan interpretarla. El receptor usa una foto célula o foto diodo para detectar la luz.

El orden en el que encuentran los elementos que componen el sistema básico de transmisión son los siguientes:

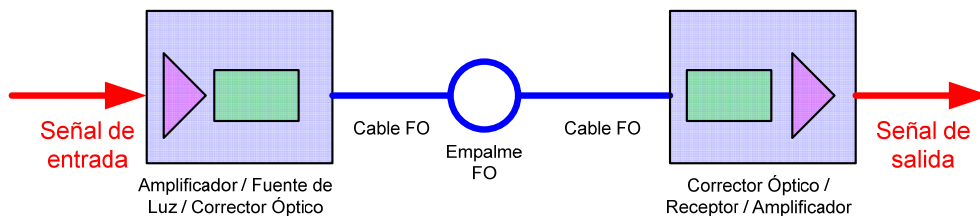


Diagrama 1: orden de los elementos que forman el sistema básico de transmisión (Fuente: Eva Aranda)

En resumen, se puede decir que este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transporte de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S (diodos emisores de luz y láseres) hacia el receptor óptico.

No es finalidad de este análisis entrar en detalle de los elementos de la parte activa de las redes de fibra óptica, por lo que a continuación se estudiarán los diferentes elementos pasivos de las redes de fibra óptica.

4.1 Elementos que constituyen las Redes de fibra óptica

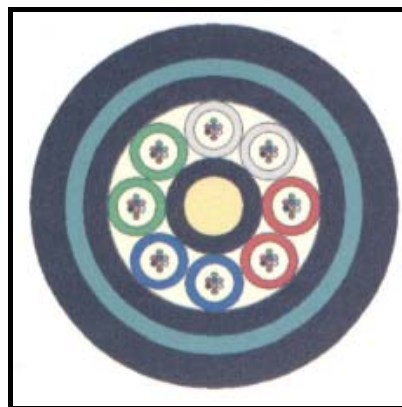
Las redes de fibra óptica están formadas por diferentes elementos pasivos, los podemos dividir en dos grandes grupos: Cable de fibra óptica y Elementos de conexión

En los siguientes apartados se analizará con un poco más de detalle los elementos que constituyen las redes.

4.1.1 Cables de fibra óptica

Como hemos visto, los cables de fibra óptica son los encargados de transportar la luz. Están formados por los siguientes elementos:

- **Núcleo:** es la fibra propiamente dicha, por donde circula la luz. Generalmente se utilizan fibras con diámetros comprendidos entre $8.3 \mu\text{m}$ (para fibras monomodo) y 50 o $62.5 \mu\text{m}$ (para fibras multimodo). Pueden ser de vidrio o plástico.
- **Malla:** Se trata de una malla que cubre la fibra para su protección, que se fabrica conjuntamente con la fibra y que por lo tanto no pueden ser separadas.
- **Revestimiento:** Es la parte más extensa del cable. Se trata de una protección exterior anti luz ultra-violeta (UV) que evita interferencias al núcleo. Según el uso del cable el revestimiento tendrá un espesor u otro, es decir cuanto más expuesto a condiciones exteriores más complicadas, más grosor tendrá.

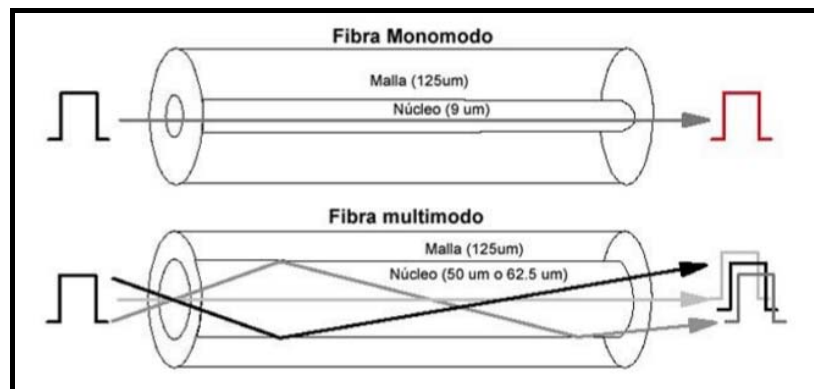


Esquema 1: composición interna cable de fibra óptica (Fuente: www.telnet-ri.es)

Los cables de fibra óptica se pueden diferenciar según el método de transmisión, el número de fibras que lo componen y la protección con la que se fabrican

4.1.1.1 Método de transmisión:

Los cables de fibra óptica pueden ser cables monomodo o multimodo según su la forma de transmisión de la señal.



Esquema 2: Transmisión en fibra monomodo y multimodo (Fuente: Cables y componentes para comunicaciones S.L.)

- Los cables de **fibra monomodo (SM)**, son aquellos en sólo permiten un camino o modo de propagación de la luz, mediante la utilización de cables con el núcleo de diámetros más pequeños (8.3 – 10 micras). Su transmisión es paralela al eje de la fibra. Este tipo de fibra suele ser utilizada cuando los sistemas requieran bajas pérdidas de señal, alcanzar grandes distancias y transmitir a elevadas tasas de información. Viene definida por las siglas SM y la norma correspondiente:

| Tipo de fibra | Aplicación tipo |
|--------------------|--|
| SM G652 B; SMG652D | Redes de datos (OS1), seguridad, Telecom |
| SM G 655 | Telecom muy larga distancia |
| SM G657 A & B | Telecom. (FTTx); CPDs |

Tabla 1: Tipos de fibra óptica Monomodo (Fuente: Cables y componentes para comunicaciones S.L.)

- La **fibra multimodo (MM)** permite la propagación de la señal mediante más de un camino o modo de transmisión. Para este tipo de fibras, los diámetros utilizados son mayores que en el caso de las fibras monomodo. Sus principales aplicaciones son aquellas que se requieran distancias de transmisión cortas (500 metros aproximadamente), como por ejemplo redes locales (LAN), de vigilancia o seguridad. Sus principales ventajas frente a la fibra monomodo, es que utilizan equipos electrónicos, conectores y transmisores láser más baratos. Vienen definidas por las

siglas MM, su relación núcleo/revestimiento (50/125 o 62.5/125) y el tipo de fibra (OM1, OM2 u OM3) como se puede observar en la siguiente tabla:

| Canal de fibra | 100BaseT | 1000 Base Sx | 1000 Base Lx | 10G Base SR/SW |
|----------------|----------|--------------|--------------|----------------|
| OF300 | OM1 | OM2 | OM1/OM2 | OM3 |
| OF 500 | OM1 | OM2 | OM1/OM2 | SM |
| Of 2000 | OM1 | SM | SM | SM |

Tabla 2: Tipo de fibra en función de la longitud del canal Ethernet. (Fuente: Cables y componentes para comunicaciones S.L.)

4.1.1.2 Número de fibras que lo componen:

En la actualidad podemos encontrar cables de fibra óptica con 1 fibra, utilizados para dar conectividad a usuarios de FTTH² o para conectar equipos (latiguillos de fibra), hasta cables con muchas fibras siendo siempre múltiplos de 4, 6, 8 o 12, que será el número de fibras que envuelven cada uno de los tubos que componen el cable (dependiendo de las necesidades del operador y de las posibilidades que ofrecen los diferentes fabricantes).

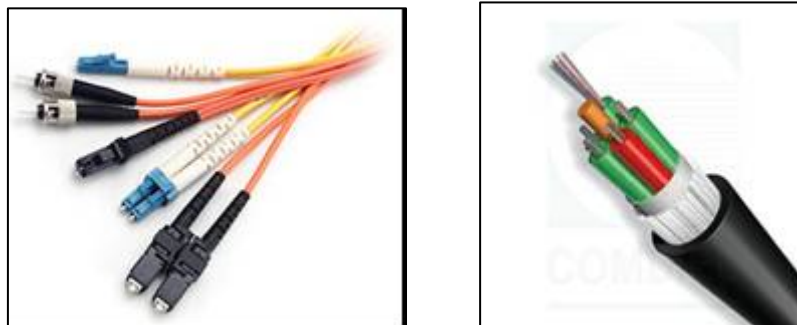


Foto 1: Ejemplo de latiguillo de fibra óptica y de cable de fibra óptica (Fuente: <http://fibrasopticaplus.wordpress.com/>)

Actualmente en España se instalan cables de fibra que tienen aproximadamente unas 512 fibras. Pero se conoce que ya se están instalando cables que rondan las 1000 fibras para sistemas de comunicación complejos, como los instalados por el CERN³.

² FTTH (Fiber To The Home) o también conocida como fibra hasta la casa o fibra hasta el hogar. Se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos, como el Triple Play: telefonía, Internet de banda ancha y televisión, a los hogares y negocios de los abonados.

³ CERN: Organización Europea para la Investigación Nuclear. es el mayor laboratorio de investigación en física de partículas a nivel mundial

4.1.1.3 Protección:

Los cables tienen una protección especial que evitan que las fibras sufran aplastamientos y roturas a tracción. Esta protección está compuesta por dos tipos, protección primaria o recubrimiento y secundaria.

La **protección primaria** está compuesta por un barniz de acrilato o silicona, que se aplica a la fibra en el proceso de fabricación y cuya misión consiste en preservar a la fibra de ataques químicos y dotarla de mayor resistencia mecánica. Tiene un diámetro nominal de 500 micrómetros en los cables monofibra y de 250 micrómetros en los cables multifibra. El fabricante del cable podrá colorearlo y serigrafiarlo a petición del cliente. Es habitual que en esta cubierta se escriba el número de fibras y nombre del propietario final.

En función de su aplicación o el lugar donde se instalará el cable, se utilizará un cable con una determinada protección primaria. Estas pueden ser:

- Cubierta PKP: Está formada principalmente por fibra de vidrio. Los cables con esta cubierta son totalmente dieléctricos, es decir, permite la compatibilidad electromagnética con cables coaxiales y de energía existentes. Con cabos de aramida como elementos de refuerzo a la tracción. Están pensados para instalaciones exteriores, donde pueden hacer frente a los factores ambientales exteriores, su gran versatilidad permite que puedan ser instalados tanto en conductos subterráneos, como autoportados en tendidos con vanos cortos.
- Cubierta PKCP: Esta cubierta tiene las mismas características que la cubierta PKP pero además están especialmente diseñados para resistir el impacto de perdigones en zonas cinéticas.
- Cubierta PESP: Este tipo de cables están armados con cinta de acero polímero, que junto con las dos cubiertas de polietileno proporcionan protección frente a factores externos y están especialmente fabricados como protección antiroedores por su capa de acero.
- Cubierta ESP: Cable armado con cinta de acero polímero, que junto con la cubierta de polietileno proporcionan protección frente a factores externos y pensado para ser instalado en microzanjas (canalizaciones urbanas de poca profundidad, se analizará este tipo de canalización en el apartado de canalizaciones). Como la cubierta PESP, su protección de acero permite una protección importante antiroedores.
- Cubierta micro-PDR: Cable completamente dieléctrico, de reducidas dimensiones para facilitar su instalación en micro conductos. Pueden ser utilizados en plantas externas.

- **Cubierta TKEST:** Esta cubierta está realizada con material termoplástico retardante de la llama, baja emisión de humos y libre de halógenos, perfecto para lugares donde hay peligro de incendio y se ha de intentar retardar la afectación en el cable.

La **protección secundaria**, tiene como objetivo aumentar la protección de la primera, ya que durante la manipulación de la fibra se generan esfuerzos mecánicos que la pueden dañar. Está constituida principalmente por materiales plásticos.

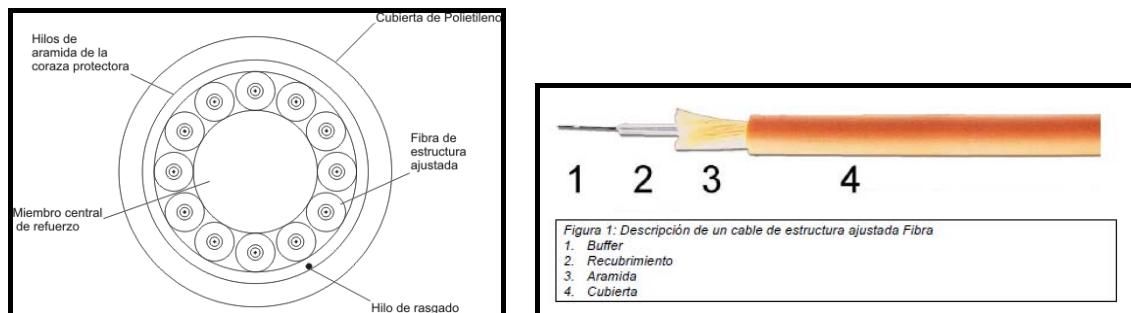
La protección secundaria es una serie de tubos de colores, que llevan en su interior las fibras. Los cables de fibra óptica se fabrican según un código de colores, a determinar por el propietario final. Este código permite manipular el cable dando un valor numérico a cada fibra según su color y el color del tubo que la transporta.

| Fibra32 Airtel (Telefonica) | | |
|-----------------------------|--------|----------|
| | TUBOS | FIBRA |
| 1 | BLANCO | VERDE |
| 2 | ROJO | ROJO |
| 3 | AZUL | AZUL |
| 4 | VERDE | AMARILLO |
| 5 | | GRIS |
| 6 | | VIOLETA |
| 7 | | MARRON |
| 8 | | NARANJA |

Tabla 3: Tabla tipo de código de colores de cable (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Existen dos sistemas para dotar a las fibras de las mínimas protecciones contra humedad o resistencia a tracción, entre otros:

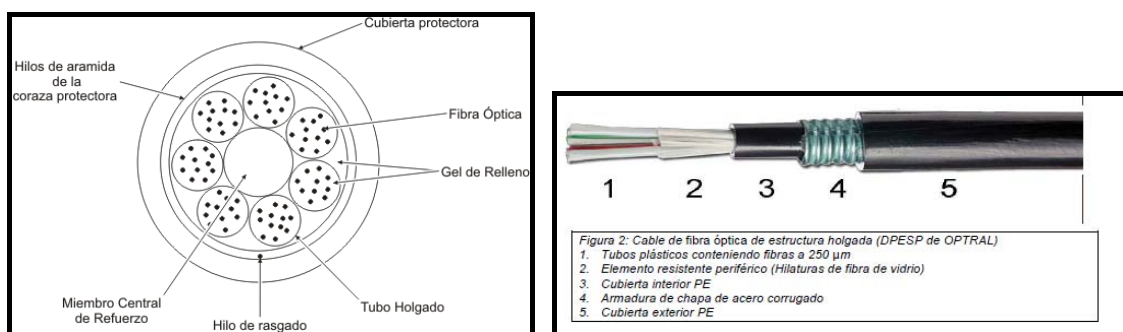
- **Construcción ajustada.** Cada fibra está dotada por una protección plástica directamente sobre ella. Se colocan hiladuras de fibra de vidrio sobre la protección, para aumentar la resistencia a tracción necesaria. Este tipo, proporciona una alta protección antihumedad, una alta flexibilidad y resistencia mecánica, sin embargo, dificulta la construcción de cables de más de 24 f.o.



Esquema 3: Esquema construcción cable con protección ajustada (Fuente:

<http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra> y Cables y componentes para comunicaciones S.L.)

- Construcción holgada.** Las fibras individuales, son alojadas hasta en 24 unidades, en el interior de tubos de plástico que contienen gel hidrófugo que actúa como protector anti-humedad. Es posible que entre los tubos también se inserte gel para dar una protección suplementaria. Este tipo de construcción permite la fabricación de cables de hasta 512 fibras con diámetros exteriores relativamente reducidos. El cable, también está dotado con una varilla flexible metálica o dieléctrica que le proporciona resistencia a tracción. Sus principales inconvenientes son la mala protección a la humedad en cables verticales por desplazamiento del gel o la relativa fragilidad de las fibras frente a rotura.



Esquema 4: Esquema construcción cable con protección holgada (Fuente:

<http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra> y Cables y componentes para comunicaciones S.L.)

4.1.1.4 Cables especiales:

A continuación se muestran algunos de los cables utilizados para instalaciones especiales.

- Cables monofibras:** su aplicación más habitual es la de cordones de conexión que permiten conectar la señal óptica desde las cajas de conexiones donde finalizan los cables y los armarios donde se ubican los equipos de transmisión y recepción de las señales. Son utilizados en el interior de edificios y en distancias cortas.

En los últimos años, también se utiliza este tipo de cable para conectar a los abonados finales a las redes FTTH.

- Cables bifibras:** son cables en los que se agrupan dos cables bifibra. Este tipo de cables permiten la transmisión de señales de audio y video en pequeñas y medias distancias.



Ilustración 1: Estructura de cables monofibra, bifibra y multifibra (Fuente: www.fibercom.es)

- **Microcables:** Los microcables se caracterizan por un diámetro ultrareducido que permite su utilización en microductos, y aplicaciones FTTx. Principalmente, se construyen este tipo de cables de entre 2 y 12 f.o., con recubrimiento holgado, hiladuras de aramida para darles resistencia a tracción y cubierta exterior termoplástica retardante de llama, de baja emisión de humos y cero halógenos.

Se trata de cables compactos con unos 3.5 mm de diámetro, totalmente dieléctricos y que se distinguen por tener un bajo coeficiente de fricción ideales para sistemas de instalación tipo “blowing” o soplado, que se explican más adelante.

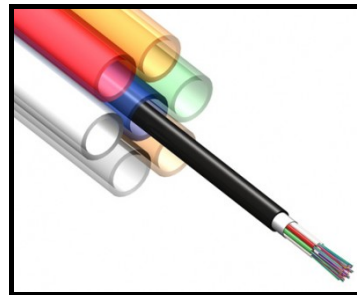


Ilustración 2: Microcable de fibra óptica instalada en microductos (fuente: www.cematic.es)

- **Cables autoportados:** La principal utilización de este tipo de cable, es para la instalación aérea. Una de sus aplicaciones es para la construcción de líneas de telecomunicaciones, utilizando las infraestructuras de las líneas de alta y media tensión, ya que esto permite reducir costes de construcción. Esto es posible porque como ya se ha hecho mención, este tipo de cable son totalmente dieléctricos e inmunes a los campos electromagnéticos.

Los cables autoportados, no necesitan fijadores para soportarlos, simplemente se utilizarán abrazaderas especiales para anclarlos a los posters.



Esquema 5: Esquema de cable autoportado – Cable Autoportado con cablete de acero (Fuente: Cables y componentes para comunicaciones S.L.)

- **Cables submarinos:** Son cables habitualmente de estructura holgada contruidos para que puedan ser instalados bajo el agua. Son utilizados para realizar conexiones transoceánicas.
- **Cable tierra-óptico:** Al construir los cables a tierra se les inserta fibras correctamente protegidas, permitiendo realizar sistemas de comunicaciones mediante las líneas de alta tensión.
- **Cables híbridos:** Están formados por fibras ópticas y pares de cobre, permitiendo poder utilizar los dos sistemas de transmisión por una misma línea.

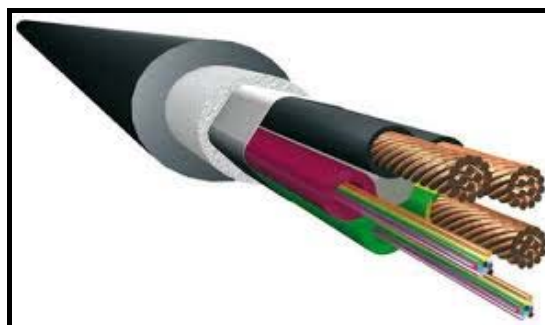


Ilustración 3: estructura interna cable híbrido (fuente: www.directindustry.es)

4.1.2 Elementos de conexión

Como ya hemos comentado, la red pasiva de fibra óptica, está formada, básicamente, por el cable y por los elementos de conexión. A continuación se detallan los diferentes elementos pasivos que constituyen las líneas de fibra óptica junto con el cable.

4.1.2.1 Cajas de empalme

Las cajas de empalme son los elementos de red en los que se fusionan los cables de fibra óptica. Estos elementos son imprescindibles para dar continuidad a los cables de fibra, realizar acometidas de clientes o posibilitar ampliaciones de red.

A lo largo de rutas largas es imprescindible la construcción de empalmes de fibra óptica, por la imposibilidad de tender el cable entero sin superar los esfuerzos máximos de tracción que puedan soportar cuando se arrastran una longitud excesiva.

También permiten realizar conexiones intermedias, utilizando la red principal para realizar redes secundarias.

El método más utilizado para realizar las conexiones entre las fibras de diferentes cables es el de fusión, que permite dar continuidad a las fibras provocando bajas pérdidas de inserción y muy altas pérdidas de retorno.



Foto 2: Caja para empalme de fibra óptica (Fuente: Eva Aranda)

4.1.2.2 Conectores:

Es el elemento de unión desmontable entre los diferentes equipos ópticos, es decir, son el inicio y el final de la red pasiva de fibra, por lo que es uno de las piezas más importantes del sistema.

Estos conectores pueden generar atenuaciones aproximadas a las que se generan en varios kilómetros de fibra, por lo que adquieren una importancia especial.

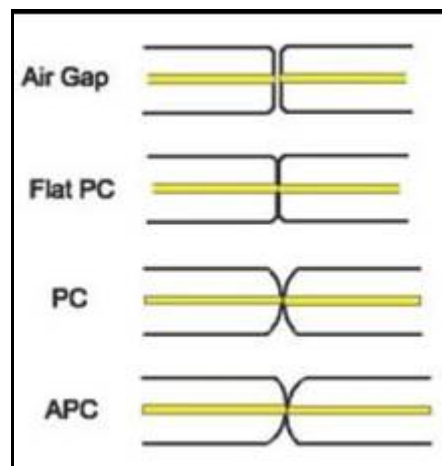
Normalmente se utilizan en cables monofibra o bifibra. Para poder enfrentar dos conectores se necesitará una pieza intermedia hembra que permita su enfrentamiento, llamada adaptador.



Foto 3: Ejemplo de conector y adaptador (Fuente: www.fibercom.es)

Los conectores utilizados actualmente en las transmisiones ópticas se diferencian entre ellos según el alineamiento de las fibras al enfrentarse, es decir por su pulido final. Pueden ser:

- **Plano:** pulido plano, utilizados principalmente para enlaces multimodo donde no son importantes las pérdidas de retorno.
- **PC:** pulido convexo que permite un menor contacto entre los núcleos disminuyendo la posibilidad de reflexiones provocadas en la interface con el aire.
- **APC:** pulido terminal con 8 grados de inclinación, que permite disminuir considerablemente las pérdidas de retorno por reflexión.



Esquema 6: tipos de pulidos existentes (Fuente: www.fibraopticahoy.es)

Los principales conectores que se fabrican son:

- **FC:** Es el conector más popular en sus distintas versiones de acabado y que mejores prestaciones ofrece, generando pérdidas máximas de inserción del orden de 0.3 dB.



Foto 4: tipos de conectores FC y SC (Fuente: www.fiberfab.com)

- **SC:** Con características similares a los conectores FC pero más modernos. Está pensado para poder ser conectado mediante una simple presión permitiendo ahorrar espacio en los equipos en los que haya que conectar muchas fibras.
- **ST:** Conector tipo bayoneta. Este tipo de conector permite pulido PC pero no APC. Tiene características muy parecidas a los FC.



Foto 5: tipos de conectores ST y LC (Fuente: www.fiberfab.com)

- **LC:** Conectores de dimensiones menores a los vistos hasta el momento, permitiendo un aumento del empaquetado en los equipos. No son compatibles con los estándares de los otros conectores ya que su diámetro exterior es la mitad.
- **SMA:** Conectores para fibras multimodo para aplicaciones locales.



Foto 6: tipos de conector SMA (Fuente: www.fiberfab.com)

5 Especificaciones y normativas

La ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector) es el organismo especializado de las naciones unidas en el campo de las telecomunicaciones. Este órgano estandariza los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios. A partir de los estudios realizados, se generan las recomendaciones que permitirán la normalización del sector.

Cada cuatro años se celebra la asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), donde se analizaran las recomendaciones realizadas por la UIT-T.

Los fabricantes de fibra diferencian las aplicaciones de las mismas según las distancias a cubrir en los enlaces, y se les denomina:

| Premises | Acces | Metro | Long Haul | Ultra Long Haul |
|----------|-------------|-----------|-------------|-----------------|
| < 3Km | Hasta 20 km | 20-200 km | 200-1200 km | >1200 km |

Para los sistemas de fibra óptica, se utilizan las recomendaciones de la serie G comprendidas desde la G.650 a G.659.

A continuación se detallan cada una de estas recomendaciones:

- G.650 → Definiciones y métodos de prueba de los parámetros pertinentes de las fibras monomodo. Define los principales parámetros de las pruebas realizadas en los cables de fibras monomodo y los requisitos mecánicos de los cables y sus materiales.
- G.650.1 → Definiciones y métodos de prueba de los atributos lineales y determinísticos de fibras y cables monomodo. Define los principales parámetros de las pruebas de refacción y de dispersión cromática realizadas sobre el cable.
- G.650.2 → Definiciones y métodos de prueba de los atributos conexos de las características estadísticas y no lineales de fibras y cables monomodo. Define los principales parámetros de la polarización de las fibras monomodo.
- G.650.3 → Métodos de prueba de secciones de cable de fibra monomodo instaladas. Define las pruebas a realizar en los cables de fibra monomodo para obtener las pérdidas generadas en el cable, en la instalación de sus elementos.

- G.651 → Características de un cable de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 μm . Define los principales parámetros de las pruebas realizadas en los cables de fibras multimodo y los requisitos mecánicos de los cables y sus materiales.
- G.651.1 → Características de los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 μm para la red de acceso óptico. Define los principales parámetros de las pruebas realizadas en los cables de fibras multimodomod y los requisitos mecánicos de los cables y sus materiales.
- G.652 → Características de las fibras y cables ópticos monomodo. Define los principales parámetros generados en las fibras ópticas como los índices de refracción, las longitudes de onda o la dispersión cromática.
- G.653 → Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada. Se definen los principales atributos de las fibras ópticas monomodo que tienen dispersión desplazada.
- G.654 → Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado. Se definen los principales atributos de las fibras ópticas monomodo que tienen corte desplazado.
- G.655 → Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula. Se definen los principales atributos de las fibras ópticas monomodo que tienen dispersión desplazada no nula.
- G.656 → Características de las fibras y cables con dispersión no nula para el transporte óptico de banda ancha. Se definen los principales atributos de las fibras ópticas que tienen dispersión no nula a partir de los ensayos realizados.
- G.657 → Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la red de acceso. Define los principales parámetros que tienen las fibras que son especiales para realizar redes de acceso y que por tanto tienen menores ángulos de flexión admitidos.

6 Tipologías de Infraestructuras para el despliegue de las redes de fibra óptica

En el presente apartado se realiza un estudio de los diferentes tipos de infraestructuras que se puede utilizar para el despliegue de redes de fibra óptica.

Las principales diferencias entre los tipos de infraestructuras existentes, son las relacionadas con el medio en el que se ejecutan, es decir, si son canalizaciones subterráneas, infraestructuras aéreas o submarinas.

Antes de entrar a analizar las infraestructuras que albergarán las redes de fibra óptica, se realizará un pequeño análisis de los requisitos a tener en cuenta a la hora de hacer el proyecto de despliegue de la red de fibra, que pueden influir a la hora de elegir el tipo de infraestructura por el que se realice la instalación.

6.1 Requisitos para la instalación de redes de fibra óptica

A la hora de realizar el proyecto de una red de fibra óptica se han de tener en cuenta una serie de criterios relacionados con el tendido del cable, que influirán de manera determinante en la elección del tipo de infraestructura a utilizar o en las características de ésta.

- **Utilización de infraestructuras existentes.** Antes de realizar el proyecto de la red, es conveniente valorar la posibilidad de utilizar infraestructuras existentes como podrían ser canalizaciones existentes, redes de alta tensión, gaseoductos, ferrocarriles u otras infraestructuras existentes.

La posibilidad de realizar el tendido mediante este tipo de infraestructuras, permite disminuir el coste de la nueva red, así como disminuir el tiempo de obtención de permisos.

Durante la realización del proyecto de la nueva red de fibra óptica, se analizarán todas las infraestructuras existentes que se puedan utilizar y que mejor se adecuen a las necesidades de la red.

- **Máximas longitudes de cable entre cajas de empalme** Lo ideal es intentar que haya la máxima longitud de cable entre cajas de empalme, para reducir la atenuación generada por los elementos pasivos y evitar puntos débiles de la red.-

En las redes urbanas, las longitudes de cables entre cajas de empalme, vendrán básicamente marcadas por las necesidades de servicios, es decir, por los posibles usuarios de la red.

También se debe evitar sobrepasar la tracción máxima tolerable del cable durante los trabajos de tendido, que pudieran afectar las condiciones del mismo, esto condiciona las longitudes máximas de los cables. Si es posible se podrán utilizar codos con rodillos que disminuirán considerablemente las fuerzas de rozamiento o lubricantes por el interior de los conductos.

- **Puntos de registro que se adapten a las características técnicas del cable.** Los elementos de registro permitirán la instalación de los cables en las canalizaciones subterráneas, son los puntos de entrada y de salida de la red y además son los puntos en los que se ubican los elementos de conexión.

Cuando se realice el proyecto de los elementos de registro, estos deberán tener las dimensiones mínimas que permitan respetar el radio aconsejado⁴ en las condiciones de carga que supone el arrastre del mismo, y en las condiciones de reposo de la instalación. A medida que aumente el número de fibras que aloja el cable mayor será el radio de curvatura mínimo que podrá soportar.

Para la realización de los empalmes, se ha de dejar la correspondiente reserva de cable permitiendo dejar la reserva necesaria de fibras en el interior de la caja y en el registro en el que se encuentre la caja. Esto permitirá posibles trabajos posteriores de mantenimiento o ampliación.

- **Infraestructuras correctamente diseñadas para la protección del cable.** Evitar que se generen aplastamientos del cable, realizando las infraestructuras con los materiales que permitan la protección del mismo. Además, durante los trabajos de tendido del cable se evitará dejarlo de manera que puedan pasarle por encima vehículos que lo puedan aplastar. De la misma manera, que se evitará realizar movimientos bruscos con como por ejemplo retorcerlos.

⁴ Los fabricantes del cable darán en sus especificaciones el radio de curvatura mínimo permitido, para evitar la rotura de alguna de las fibras o su alteración (aumento de la atenuación)

6.2 Canalizaciones subterráneas

Consideraremos este tipo de canalizaciones, tanto si el cable se instala directamente enterrado o colocado en el interior de conductos.

Este tipo de canalizaciones se pueden realizar mediante una zanja tradicional o sistemas más modernos, que permiten realizar zanjas más pequeñas mediante la utilización de maquinaria específica como sería el caso de la microzanja o minizanja.

También consideraremos canalizaciones subterráneas aquellas que infraestructuras existentes por las que existan tubos o infraestructuras por las que se puedan pasar los cables de fibra óptica. Es habitual la colocación de una canalización paralela a una canalización de otro servicio, aprovechando la excavación o trabajos para el servicio. En este supuesto podemos encontrar las redes de comunicación instaladas en la red de alcantarillado, gasoductos, galerías de servicios o carreteras.

6.2.1 Canalización mediante zanja

Las canalizaciones mediante zanja son aquellas en las que se realiza una apertura de tierras para la instalación de tubos por los cuales se instalará la fibra.

La utilización de canalizaciones mediante zanja en las que normalmente se instala más de un conducto, permiten una posible ampliación de la red en el futuro. Los conductos por los que se alojan los cables les proporcionan una protección extra a la propia del cable, a la vez que permiten una desinstalación más fácil de los cables en desuso.

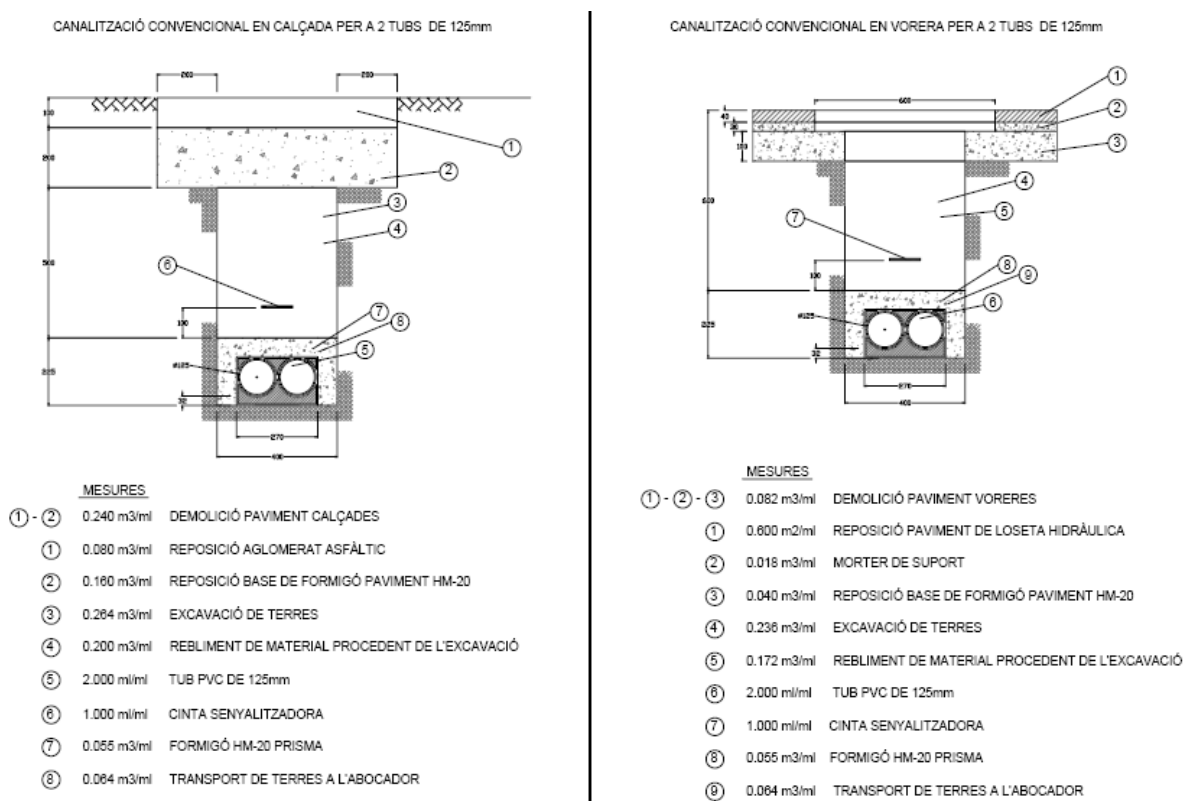
Las características de las canalizaciones vendrán determinadas principalmente por el propietario de la canalización, conjuntamente con el órgano público de la zona donde se ejecute, donde especificaran las dimensiones y características de la misma.

A la hora de realizar una canalización subterránea se han de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El trazado de la canalización será lo más rectilíneo posible, y manteniéndolo paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios.
- Es importante que antes de comenzar los trabajos, se realice un estudio del paso de otras canalizaciones para otros servicios por la zona afectada, e indicarlos para tomar las precauciones oportunas.

- Durante la realización de los trabajos de apertura de canalización se instalarán las señales y protecciones de seguridad, que permitan indicar y proteger los accesos a viviendas o comercios que existan en la zona afectada, tanto para peatones como para vehículos.
- Como norma, la canalización de fibra óptica se marca con una cinta serigrafiada con "FIBRA OPTICA" en la parte más superior, advirtiendo así de que la canalización lleva cables de fibra óptica, la cual cosa puede evitar posibles roturas de la canalización y de los cables, evitando posibles averías, en caso de que se realicen trabajos sobre las mismas.

Los métodos más comunes para la realización de las zanjas de comunicaciones convencionales son a mano, a máquina o mixta, utilizando siempre que se pueda la máquina. Las zanjas se excavarán hasta la profundidad establecida en el proyecto, colocándose entibaciones en el caso que la naturaleza del terreno lo haga preciso. El fondo de la zanja deberá estar en terreno firme para evitar corrimientos en profundidad que someterían a los cables a esfuerzos por estiramiento.



Esquema 7: Ejemplos de canalización convencional en Calzada y en Acera (Fuente: CTTI)

A la hora de proyectar este tipo de canalización, es importante tener en cuenta la creación de registros durante el trazado, principalmente en lugares donde el trazado modifique su dirección. Para ello se tendrán que fabricar arquetas de registro, que pueden ser de hormigón prefabricado o de ladrillo. Sus dimensiones tienen que ser las necesarias para albergar en su interior el cable sin que éste esté sometido a un radio de curvatura menor al indicado por el fabricante, y que se puedan alojar en su interior los elementos pasivos de continuidad como es el caso de las cajas de empalme.



Foto 7: Ejemplo de arqueta de registro de operador de Telecomunicaciones (Fuente: Fibra y Sistemas. S.L.)

Los tubos que habitualmente se instalan en las canalizaciones son de Polietileno de alta densidad. Los diámetros de tubos que se utilizan habitualmente van desde los 40mm a los 160mm, siendo los más habituales los tubos de 125 mm de diámetro.

La instalación de los tubos puede ser, colocación en seco o construcción hormigonada. Cuando la canalización ha sido realizada en aceras, y por lo tanto los tubos no sufrirán grandes cargas por el paso de vehículos, se utilizara la instalación en seco. Los tubos se colocarán sobre el lecho de unos 5 cm de arena y serán tapados por arena, hasta que la ésta sobrepase unos 10 cm los tubos.

Se realizará la construcción hormigonada, en el caso de que la canalización se realice en calzada o en el paso de vehículos, como podría ser la entrada a garajes. La zanja para tubulares deberá estar abierta en su totalidad para así, poder dar una ligera pendiente en evitación de acumulación de agua en el interior de los tubos a la vez que se comprobará la viabilidad de la misma. Las dimensiones del prisma dependerán de lo proyectado en cada uno de los casos. Antes de la colocación de los tubos, se extenderá una lechada de hormigón (habitualmente HM-10) en el fondo de la zanja, de unos 6 cm de espesor. Una vez colocados los tubos en la

zanja, se procederá al tapado del mismo con el hormigón, procurando que no se introduzca en el interior de los tubos. Para facilitar el paso del hormigón entre los tubos y para evitar que estos se desplacen hacia los lados durante el hormigonado, se colocarán separadores.

Una vez realizado la colocación de los tubos y se hayan enterrado, se realizarán los trabajos de tapado y compactado. Tanto en el caso de colocación en seco, como en el hormigonado tras el tapado se colocará se extenderá otra capa de tierra procedente de la excavación de unos 20 cm de espesor, que será compactada mediante métodos manuales. Es importante que esta capa de arena, esté libre de piedras o cascotes que puedan dañar los tubos. Tras esta capa de arena, se instalará una banda de señalización de plástico, para que en caso de trabajos eventuales de excavación se pueda identificar el servicio y evitar afectaciones mayores. A continuación se rellenará la zanja con tierra apta para compactar por capas sucesivas de unos 15 cm de espesor, utilizando para la compactación métodos mecánicos, quedando el terreno suficientemente consolidado, debiendo alcanzar el relleno una densidad mínima del 95% sobre el próctor modificado.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizara o lavarás convenientemente si fuera necesario. Siempre se empleará arena de río y las dimensiones de los granos serán de 0,2 a 1 mm.

En las zonas donde se requiera efectuar reposición de pavimentos, se rellenará hasta la altura conveniente que permita la colocación de éstos. Finalmente se reconstruirá el pavimento, si lo hubiera, del mismo tipo y calidad del existente antes de realizar la apertura.

Los valores de los espesores indicados anteriormente, son valores aproximados utilizados para la ejecución de zanjas para diferentes operadores, pudiendo ser valores diferentes si el proyecto de ejecución así hace referencia.

Los materiales empleados deberán cumplir con el Pliego de Condiciones vigentes del Ayuntamiento local, si no lo hubiera, se tomará como base el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes del MOPU, (PG3-76 y modificaciones posteriores).

En muchas ocasiones para poder aumentar el número de tubos en la canalización pueden subconductarse los tubos principales con tubos de menor diámetro y de esta manera poder separar de forma individual los cables que pasaran, evitando que se puedan enredar entre ellos, dificultando su tendido o desinstalación.

Antes de la instalación de los cables en el interior de la canalización, son necesarias una serie de operaciones que faciliten su tendido. Los tubos tendrán que ser comprobados para cerciorar su continuidad y mandrilados para poder dejar un hilo guía que permita facilitar los trabajos de tracción del cable. En caso de que sea necesario y para disminuir el rozamiento del cable con el conducto, se pondrán lubricantes en el interior del conducto.

Cuando se ha realizado el tendido del cable, es importante el sellado de la boca del tubo ya sea con espuma expansiva, Tedux o tapones para evitar que se introduzcan en el interior de los conductos agua, suciedad o parásitos que dificulten el paso de cables futuros o el desinstalación de cables en desuso.

La realización del tendido de cable en zanjas convencionales, habitualmente se realiza mediante tracción manual.

6.2.2 Canalizaciones de dimensiones especiales

Cuando se habla de canalizaciones con dimensiones especiales, se hace referencia a las canalizaciones que por falta de espacio en el suelo (existencia de otros servicios en la zona) o por encontrarse muy acotada posibles ampliaciones de la red, se construyen zanjas de menor tamaño. Son las denominadas minizanjas o microzanjas.

6.2.2.1 Minizanja

Las dimensiones características de este tipo de minizanjas están comprendidas entre los 8 y 15 cm de ancho y una profundidad entre los 30 y 130 cm. Está diseñada para ser ejecutada en suelos duros como serían los realizados con hormigones o aglomerado asfáltico, y por lo tanto, están diseñadas principalmente para realizarlas en la calzada.

Sus principales ventajas frente a las canalizaciones subterráneas comunes son que permite una menor ocupación del suelo urbano, su realización es mucho más rápida, pudiendo construir hasta 200 metros en una jornada, y conlleva un menor coste medioambiental, sus residuos son eliminados al momento, no generando grandes depósitos de runas. Esto permite reducir los costes finales de la obra y un mayor despliegue de la red.

Los pasos a seguir para la realización de las minizanjas son:

Estudios de servicios enterrados en el subsuelo mediante un Georadar. El subsuelo urbano está repleto de servicios (agua, gas, electricidad, etc.) y en muchas ocasiones no hay

información actualizada del paso de éstos. El Georadar permite ver donde están estos servicios y aproximar su profundidad, para poder hacer un mapa de los servicios y realizar la minizanja fuera del ámbito de estos.

Excavación de la minizanja con retirada simultánea de residuos. La minizanja se realiza mediante una maquina especial, que permite el excavado de la minirasa a la vez que se aspiran los residuos que se generan.



Foto 8: Paso del Georadar - Maquina especializada para la realización de la minizanja (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Es importante que la zanja se realice lo más recta posible y por lo tanto, se debe intentar llevar la minizanja paralela a las aceras, vallas u otros elementos.

Si la canalización que se está construyendo tiene unas dimensiones máximas de 15x50, la retirada de los residuos se realiza mediante el aspirado de éstos



Foto 9: Realización de la minizanja - Aspirado de la runa generada (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

En cambio, si es una zanja de dimensiones superiores la maquina estará provista de una cinta transportadora.



Foto 10: Retirada de la runa generada mediante cinta transportadora (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Realización de registros intermedios. Para poder ubicar cajas de empalme o reservas de cable, se tienen que realizar arquetas intermedias. Para ello se tendrá que realizar una desviación de la minizanja para poder ubicarla en el lugar correspondiente.

Instalación de los conductos en la minizanja. Las zanjas pueden tener diversas composiciones de conductos en número y tamaño, según las necesidades del propietario de la red.



Foto 11: Instalación de registro intermedio de hormigón prefabricado - Instalación del tubo en el interior de la minizanja (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Relleno de la minizanja con mortero o tierra hasta enrasar con la superficie. Tras la colocación de los tubos se rellenará la minizanja con mortero o tierra para rellenar la zanja hasta enrasar la zanja con la superficie.



Foto 12: Relleno de la minizanja mediante mortero - Enrasado de la minizanja (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Reposición de pavimento original mediante asentamiento de hormigón y rodadura de aglomerado asfáltico.



Foto 13: Vista de la minizanja tapada - Reposición de la capa superior del asfalto (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Cuando se realizan tendidos de cable en minizanzas, se suele utilizar el método de “blowing”. Esta técnica consiste en el empuje del cable dentro del conducto mediante aire a presión, permitiendo el paso del cable por el conducto sin esfuerzo, permitiendo realizar más metros de tendido en la misma fracción de tiempo.

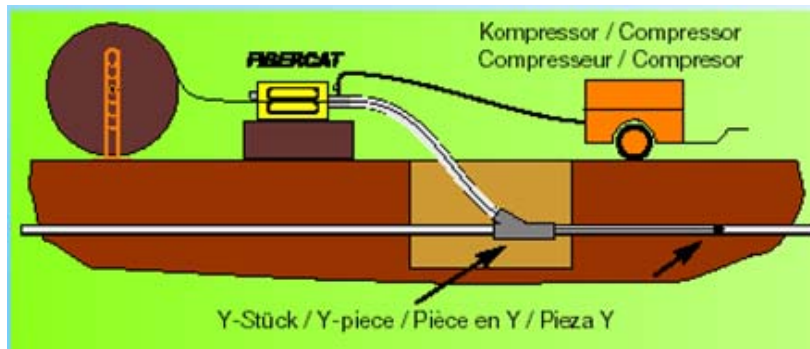


Ilustración 4: Esquema del tendido de cable mediante blowing (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

6.2.2.2 Microzanja

Las microzanjas son canalizaciones de dimensiones muy reducidas, comprendidas entre los 12 y 16 mm de anchura y una profundidad aproximada entre 12 y 18 cm. Como en el caso de las minizanjas también se construyen encajonadas en un suelo rígido tipo hormigón o aglomerado asfáltico, aprovechando la protección física que le proporciona este encajonamiento. Su profundidad está muy limitada, para evitar llegar a parte del suelo que no cumple estas condiciones y que pueda provocar riesgos estructurales al dividir el pavimento.

Las ventajas de estas canalizaciones son las mismas que las obtenidas con las minizanjas, como por ejemplo la rapidez de construcción o limpieza de residuos.

La realización de la microzanja se hace mediante maquinaria especializada provista de un disco de corte de suelo. El disco se construye soldando segmentos de diamante en polvo a una alma de acero. El disco permite realizar un corte limpio y homogéneo, manteniendo siempre la misma profundidad de corte según el proyecto.



Foto 14: Disco de corte de polvo de diamante - Máquina especializada para microrasa (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Como en el caso de las minizanjas, es importante planear correctamente la trayectoria de la canalización intentando llevarla siempre que sea posible paralela a bordillos a una distancia aproximada de entre 25 -50 cm de la rigola. Es necesario un estudio previo de la composición del subsuelo, para tener una idea de la dureza del mismo, siendo en ocasiones necesario realizar una perforación de prueba para obtener esta información.

El disco de corte tiene grandes limitaciones para realizar giros, por lo tanto se deberá intentar mantener una trayectoria lo más recta posible. En caso de tener que realizar un giro, se realizará mediante cortes a 45º consecutivos.

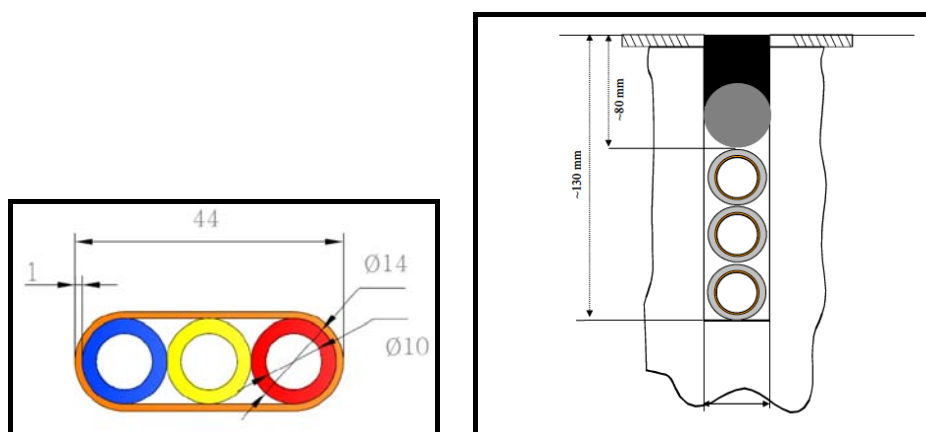
Con este tipo de ejecución de zanja, se pueden alcanzar hasta los 200-300 metros diarios de canalización.

La microzanja tendrá un ancho correspondiente al diámetro a instalar en su interior más 2 mm. Su profundidad dependerá del número de microductos que se quieran instalar en su interior. Es importante dejar unos 8 cm en la superior de los ductos para asegurar que ningún trabajo de mantenimiento de pavimento puede afectar a la canalización.

La retirada del residuo de la excavación se realiza mediante aspirado.

El disco de corte realiza un corte limpio y pulido, por lo tanto no es necesario realizar ninguna operación acondicionamiento antes de colocar los ductos en su interior.

La microzanja normalizada tendrá 3 microductos de 10mm de diámetro interior útil. Los microductos son de plástico HDPE 10/14 mm agrupados en grupos de 3 dando aspecto de tritubo. Éstos son estancos y ofrecen una gran resistencia al aplastamiento, protegiendo correctamente el cable de fibra óptica de su interior.



Esquema 8: Esquema de posible colocación de microductos en el interior de la microrasa (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Los microductos son depositados en el fondo de la zanja eliminando los vicios residuales de curvatura mediante la ayuda de una herramienta especial de apriete.

El relleno de la canalización se realizará mediante un mortero especial, hasta alcanzar una profundidad de 3-4 cm respecto el firme del pavimento. El sellado finasfáltico adecuado al de la microzanja debe sustituir el pavimento original y se realizará mediante un compuesto bituminoso.



Foto 15: Esquema Vista de la microzanja – Microzanja tras reposición (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Como para el resto de canalizaciones es importante tener en cuenta durante el proyectado de la microzanja, insertar elementos derivación o de almacenamiento de cable, mediante microarquetas.

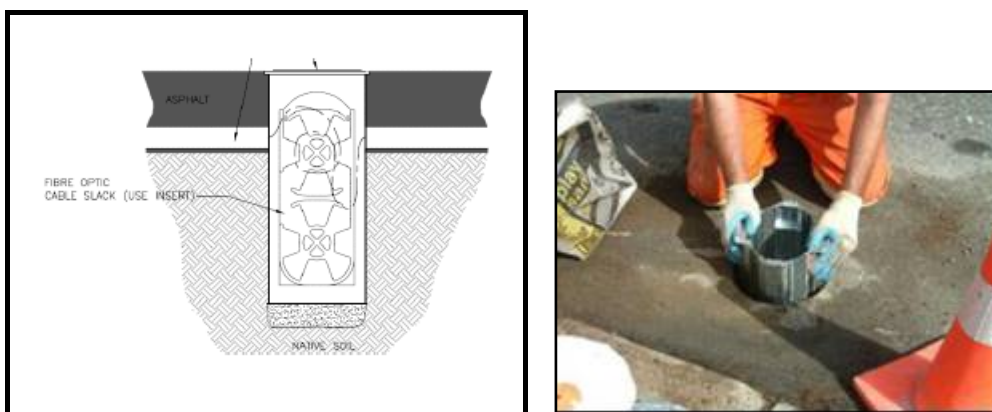


Foto 16: Esquema e imagen de la inserción de una arqueta para ubicación de caja de empalme (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Las microarquetas tienen forma cilíndrica, de unos 25 cm de diámetro, construidas de acero galvanizado. Se instalan en la propia trayectoria de la microzanja mediante orificios cortados

en la calzada mediante corona. Al tratarse de una arqueta de dimensiones muy reducidas, hay que tener en cuenta que el cable que se encuentre en su interior deberá permitir radios de curvatura muy pequeños.

Como en el caso de las canalizaciones realizadas por minizanja, en el caso de los tendidos por microductos se utiliza el sistema de tendido mediante blowing.

6.2.3 Canalizaciones existentes

Como ya se ha comentado anteriormente, antes de proyectar una nueva canalización es importante conocer si se pueden realizar los tendidos mediante canalizaciones existentes. En la mayoría de casos, el operador o propietario de la red de fibra óptica tendrá importantes ventajas económicas en el despliegue de su red alquilando o comprando parte de la red existente, si lo comparamos con el hecho de tener que realizar toda la canalización nueva.

Los propietarios de las infraestructuras, que suelen tener otro tipo de usos, durante las etapas de construcción dotan a la infraestructura de una canalización de servicios paralela. De esta forma, pueden explotar esa parte de la infraestructura alquilando o vendiendo el paso por sus infraestructuras a operadores u otros terceros que pudieran estar interesados en pasar fibra óptica por sus infraestructuras. En algunos casos, se realiza directamente el alquiler o venta de parte de la misma, en otros, mediante el alquiler de fibras oscuras⁵ directamente

Dentro de este apartado, podemos hacer dos divisiones, la primera la compondrían las canalizaciones existentes en áreas metropolitanas, urbanizadas o de corta-media distancia, como podrían ser las de galerías, túneles de ferrocarril, metro o alcantarillado.

En una segunda parte, podríamos englobar las canalizaciones existentes que permiten conexiones en las que se necesiten realizar tendidos de larga distancia, como redes internacionales. En este segundo caso, puede ser interesante utilizar infraestructuras de comunicaciones paralelas a infraestructuras de otros servicios como podría ser autopistas, carreteras, vías de ferrocarril o gaseoductos.

A continuación se realiza un resumen de las diferentes canalizaciones por las que se suele tender fibra óptica en estos casos.

⁵ Fibra Oscura: Es el nombre que se atribuye a los circuitos de fibra óptica, que han sido desplegados por algún operador de telecomunicaciones, pero no están siendo utilizados. La conectividad por la fibra se comercializa en bruto, de manera que es el propio cliente quien aplica la tecnología de transmisión que más se adecua a sus necesidades, mejorando así el rendimiento obtenido puesto que se evitan conversiones innecesarias de protocolos.

6.2.3.1 Galerías de servicios

Las áreas metropolitanas de las grandes ciudades tienen multitud de galerías de servicios. Estas galerías, pensadas inicialmente para la realización de mantenimientos y/o conexiones entre edificios/zonas, se han provisto de una canalización de telecomunicaciones por la que pasan diferentes cables de fibra óptica.

Por ejemplo, las rondas de Dalt y Litoral de Barcelona disponen de unas galerías de servicio para el mantenimiento de las rondas, por la que se han instalado una canalización paralela. También existen este tipo de galerías en la zona de puerto (conectando los muelles), en la zona 22@ (conectando los diferentes edificios entre sí) o entre los pabellones de las Firas de Barcelona y L'Hospitalet.

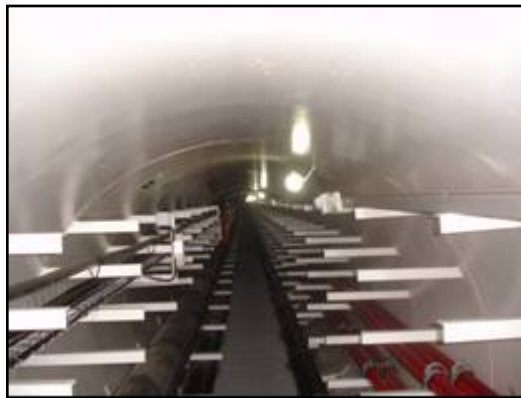


Foto 17: Ejemplo de galerías de servicios por los que discurren cables de fibra óptica (Fuente: Eva Aranda)

Estas galerías suelen estar provistas de canalizaciones en forma de tubos de polietileno o bien en forma de canales metálicas o plásticas, por las que discurren los diferentes cables o servicios.

Normalmente, el propietario de la infraestructura explota la infraestructura instalada para que los operadores tiendan sus propios cables de fibra óptica.

6.2.3.2 Túneles

Los túneles de Ferrocarriles o de Transporte Metropolitano de Barcelona, por donde pasan los trenes, están dotados de una canalización paralela a lo largo de casi toda su red de transporte. Se tratan de canalizaciones pegadas a los laterales del túnel en forma de conductos, por las que pasan los diferentes cables, entre ellos los de fibra óptica.



Foto 18: Ejemplo de canalización por túnel en estación FGC de La Floresta(Fuente: Eva Aranda)

En este caso, el propietario de la infraestructura suele explotar la infraestructura mediante el alquiler o venta de los conductos.

En muchos de estos casos es necesario cumplir una serie de normativas por parte de los operadores para el tendido de cable por estas infraestructuras. Dado que los túneles son parte de la zona de paso de trenes, se deben cumplir estrictamente normativas de seguridad en este tipo de zonas.

Además, en la mayoría de estos casos las secciones de los conductos suelen ser bastante largas, por lo que los cables se deberán tender de forma mecánica mediante técnicas de “blowing” o “floating”, según las normativas del propietario. Por ejemplo, en la red de Metro, los tendidos se deben realizar con “floating”, mientras que en la red de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, se deben hacer con “blowing”.

6.2.3.3 Autopistas y carreteras

Algunas autopistas y carreteras tienen una canalización paralela a su trazado por la que discurren los cables de fibra óptica de diferentes operadores. Como norma, se aprovechan estas infraestructuras para el despliegue de redes de media-larga distancia, ya que permiten conectar poblaciones cercanas de una forma rectilínea y también permiten conectar diferentes provincias o países.

Normalmente, en las autopistas la canalización está marcada con una líneas azul a lo largo de todo su recorrido para señalar el trazado y evitar así posibles averías en la red.



Foto 19: Canalizaciónn paralela a la autopista (Fuente: Eva Aranda)

La empresa concesionaria del tramo de carretera o autopista suele ser la encargada de la explotación de la red de comunicaciones paralela. Se suele alquilar o vender los kilómetros de tubos instalados a los diferentes operadores.

Las secciones en este tipo de infraestructuras suelen ser largas, por lo que en la mayoría de los casos los tendidos de cable se deben realizar mediante técnicas de soplado con aire.

6.2.3.4 Vías de ferrocarril

La gestión de las infraestructuras ferroviarias requiere de la implantación de servicios de telecomunicación: telefonía, telecontrol, megafonía o señalización. Estos servicios se apoyan en una red de fibra óptica, cuyo excedente de tráfico se comercializa.

A lo largo de las redes de Ferrocarril existen canalizaciones paralelas a las vías que se utilizan para la instalación de diferentes servicios, entre ellos el despliegue de las redes de fibra óptica.



Foto 20: Canalización paralela a las vías de FGC (Fuente: Eva Aranda)

En este caso, el propietario de la infraestructura suele explotar la infraestructura mediante el alquiler o venta de los conductos.

Al igual que en los túneles, se deberán cumplir una serie de normativas por parte de los operadores para el tendido de cable por estas infraestructuras. Los tendidos de cable se deberán realizar de forma mecánica mediante técnicas de “blowing” o “floating”, según las normativas del propietario.

6.2.3.5 Gasoductos

La explotación de una Red de Gasoductos de Transporte se realiza mediante unas Posiciones, unos Centros de Mantenimiento, situados estratégicamente a lo largo de la línea, y un Centro Principal de Control. Una Red de estas características precisa ser vigilada permanentemente para realizar una explotación en condiciones de seguridad. Dado su carácter lineal, las Posiciones y los Centros de Mantenimiento están diseminados a lo largo de la traza del Gasoducto, por lo que la única posibilidad de realizar esta vigilancia, de forma económica y segura, es disponer de un Sistema de Telecontrol.

El telecontrol no es más que el control hecho a la distancia de varias decenas de kilómetros, y para ello se utilizan las modernas técnicas de telecomunicación. Estas permiten realizar las tareas de control y elaboración posterior de los datos recogidos, con gran facilidad y seguridad y con un mínimo de personal.

Estas comunicaciones son soportadas por una infraestructura de telecomunicaciones constituida por un cable de fibra óptica y equipos múltiplex digitales. El cable de fibra óptica se instala por un conducto, paralela al tubo principal del gasoducto, compuesta por un tubo de 40mm de polietileno, que ha sido tratado para disminuir el rozamiento.

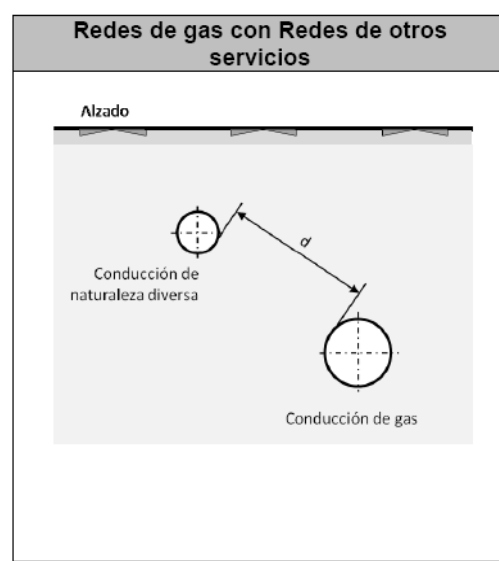


Ilustración 5: Ejemplo de tipología de realización de canalización realizada paralelamente a la canalización de Gas
(Fuente: Gas Natural)



Foto 21: Canalización paralela a Gasoducto en cruce Río Cua, Cacabelos (Fuente: Eva Aranda)

El propietario de la red de fibra óptica de los gasoductos (Enagás, Gas Natural) alquila o vende fibras oscuras a otros operadores o clientes potenciales.

6.2.3.6 Alcantarillado

La red de alcantarillado es otra de las infraestructuras por las que pasan canalizaciones de telecomunicaciones.

La empresa encargada de la gestión técnica del alcantarillado municipal aporta la solución técnica y la gestión de las instalaciones, que a través del alcantarillado, permitirán el paso de la fibra óptica.

La red de alcantarillado de Barcelona ofrece unas inmejorables ventajas como lugar de paso de las nuevas redes de fibra óptica, dado que abarata la instalación, ya que las vías se encuentran construidas y a la vez se evitan las obras en la vía pública.

En el área Metropolitana de Barcelona, la empresa CLABSA, se encarga de elaborar el proyecto constructivo, ejecutar y controlar la obra, así como del mantenimiento continuado de los tubos de porta fibra óptica. Normalmente, se alquilan o venden tubos para el tendido de los cables de los diferentes operadores, dejando los inicios y final de tubo en los registros del operador.

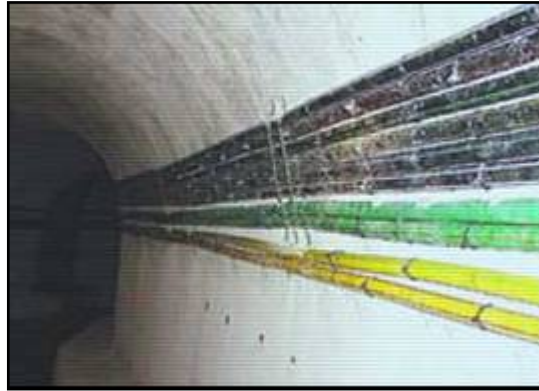


Foto 22: Canalización existente en red de alcantarillado (Fuente: www.clabsa.es)

Como norma, los cables se deberán tender de forma mecánica mediante técnicas de “floating”, según las normativas del propietario.

El floating es una técnica avanzada de instalación de cables en ductos, subconductos y microductos consiste en aprovechar la presión ejercida por un fluido, agua, para efectuar el empuje del tendido del cable de fibra. Gracias a esta técnica se acorta el tiempo de tendido notoriamente y permite el empleo de cables de dimensiones más reducidas, que no requieren contener elementos de refuerzo para su tracción.

6.3 Infraestructuras aéreas

Las redes que discurren por infraestructuras aéreas las podemos dividir en las redes desplegadas a través de postes y las redes desplegadas a través de las torres de energía (media y alta tensión).

Cuando se decide instalar el cable de fibra óptica mediante canalización aérea es porque no es posible la realización de canalización subterránea por normativa o por la inviabilidad del proyecto, tanto técnico como económico.

También se podrían considerar infraestructuras aéreas, los tendidos que se realizan por la fachada de los edificios. Normalmente este tipo de tendidos se utiliza para las conexiones de usuario o las altas de cliente (tipo FTTH).

Los tendidos aéreos están muy condicionados por la legislación de cada país y las normativas de las autoridades locales, así como a los criterios estéticos de cada municipio.

En los tendidos por postes y torres, tanto el cable que se utiliza para los tendidos aéreos, como los métodos de trabajo, deben tener una serie de características especiales, ya que los cables

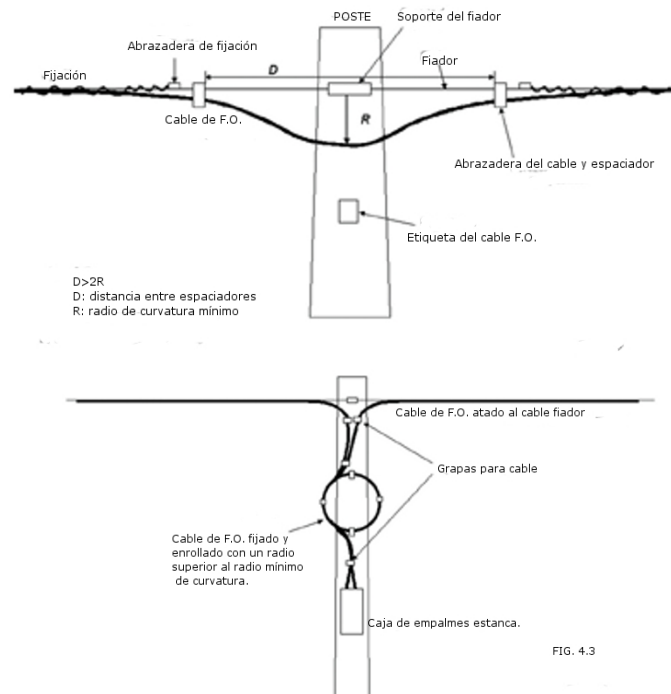
están expuestos a elevados niveles de tensión y está expuesto a diversas condiciones atmosféricas de la zona. Lo más común es usar un cable metálico como guía entre los postes o las torres que servirá de soporte al cable de fibra, que es mucho más delicado.

6.3.1 Postes

Dado el elevado coste que supone la realización de una nueva zanja, durante mucho tiempo y en especial en zonas con poca densidad de población, se han llevado a cabo tendidos aéreos para la instalación de los cables de telecomunicaciones a través de postes. Estos postes pueden ser de madera o de hormigón y están provistos de una serie de herrajes que permiten la instalación de los cables a ellos.

Aunque en la actualidad se intentan enterrar todas las canalizaciones de comunicaciones, hay una amplia red de postes instalados que permiten a los operadores instalar sus cables de fibra óptica a través de ella.

Para la instalación aérea a través de postes, será necesario conocer la distancia entre postes, para conocer la longitud de los vanos y asegurarse de que los radios de curvatura del cable no hagan que se pueda ver afectada la fibra.



Esquema 9: Esquema de instalación de cable de fibra óptica por postes (Fuente: www.c3comunicaciones.es)

Igual que en el apartado 6.2.3 - Canalizaciones existentes, hay empresas que aprovechan la instalación de su infraestructura a través de postes, para alquilar o vender tanto el derecho de paso a través de ellos, como el alquiler o venta de fibras.



Foto 23: Ejemplo de tendido de fibra óptica a través de postes (Fuente: Eva Aranda)

Un claro ejemplo es la red de que dispone Correos y Telégrafos, S.A. Correos instaló una amplia infraestructura de telecomunicaciones a través de postes para poder dar el servicio de telégrafo, antiguamente sobre un cable de cobre. Con el tiempo, ha ido modernizando la red de telecomunicaciones y ha instalado cables de fibra óptica, que alquila o vende. En aquellas zonas donde no tiene cable de fibra, pero dispone de infraestructura, puede permitir el paso de nuevos cables.

6.3.2 Torres

Tradicionalmente las empresas eléctricas han tenido la necesidad de realizar sus propios despliegues de telecomunicaciones allí donde los operadores no llegaban (centrales hidroeléctricas, puntos de distribución), lo que en ocasiones les ha llevado a realizar importantes despliegues en su red propia de telecomunicaciones.

De la misma forma que en el apartado 6.2.3 - Canalizaciones existentes, las compañías eléctricas, dedicadas al transporte de electricidad tiene desplegados kilómetros de fibra para proporcionar servicios de telecontrol y telemando. Como en otros casos, el excedente de capacidad de la red puede ser contratado por terceros.

Un claro ejemplo de este tipo de empresa es Red Eléctrica (REE) que cuenta con una amplia red privada de telecomunicaciones, construida desde el 1988 para mejorar las capacidades de gestión de la empresa así como para cubrir las necesidades derivadas de la gestión del transporte de energía eléctrica y de la operación del sistema eléctrico.

REE dispone en la actualidad de una red de fibra óptica de más de 21.300 km de cable y alrededor de 19.000 equipos, para la prestación de servicios de telemando, telecontrol y teleprotección, con una excelente fiabilidad. Se trata de una extensa red troncal, en la que las fibras ópticas se alojan en el interior de los cables de acero que forman parte del tendido eléctrico de alta tensión, lo que le confiere una robustez y seguridad excepcionales.

Además de su gran extensión, la red de telecomunicaciones de REE tiene como característica distintiva su estructura mallada, lo que permite establecer sistemas de transmisión resistentes a fallos, con unos excepcionales índices de seguridad y disponibilidad.

Actualmente, los servicios prestados por esta red cubren plenamente tanto las necesidades de REE como los requerimientos del sistema eléctrico, al tiempo que por su gran capacidad permite prestar servicios de telecomunicaciones a terceros, con excelentes índices de disponibilidad.

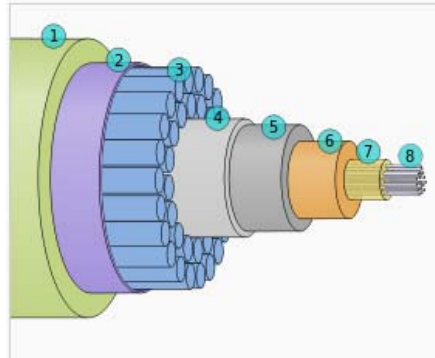
6.4 Infraestructuras submarinas

En la actualidad existen cables de fibra óptica submarinos de gran capacidad instalados por todo el mundo, que permiten el acceso a internet y la conectividad de forma global. Para estas comunicaciones se utilizan cableados submarinos contruidos a partir de fibra óptica y que de acuerdo con una compleja ingeniería, interconectan a todos los países atravesando los océanos.

Estos sistemas submarinos se componen de cables de fibra óptica interconectados, a través de repetidores, que amplifican las señales y permiten alcanzar distancias de hasta nueve mil kilómetros por tramo.

Una de las ventajas importantes de la fibra óptica colocada dentro del mar, con respecto a la comunicación vía satélite, es que es más barata e implica menor riesgo de interrumpir el enlace por razones climáticas como tormentas.

El cable de fibra a instalar tiene una serie de características especiales. Está compuesto por varias capas de protección de polietileno, terftalato, acero y aluminio que le dan al cable las características necesarias para poder resistir las inclemencias de la temperatura, salinidad y humedad, así como las presiones del agua, en virtud de que se encuentran instalados hasta ocho mil metros de profundidad. Estos cables constantemente se encuentran en mantenimiento y supervisión.



Esquema 10: Composición de cables de fibra submarinos (Fuente: www.slideshre.net)

La instalación del tendido de fibra óptica es llevada a cabo por dos barcos, que después de partir de diferentes áreas geográficas, van desenrollando y sumergiendo el cable, hasta que se encuentran en un punto determinado del océano, es ahí donde se realiza la conexión de los dos puntos. Finalmente, después de comprobar que el enlace funciona correctamente, sumergen los dos extremos de los cables conectados.

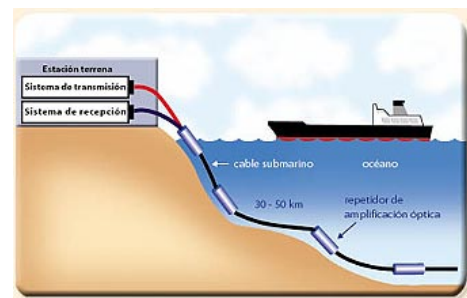
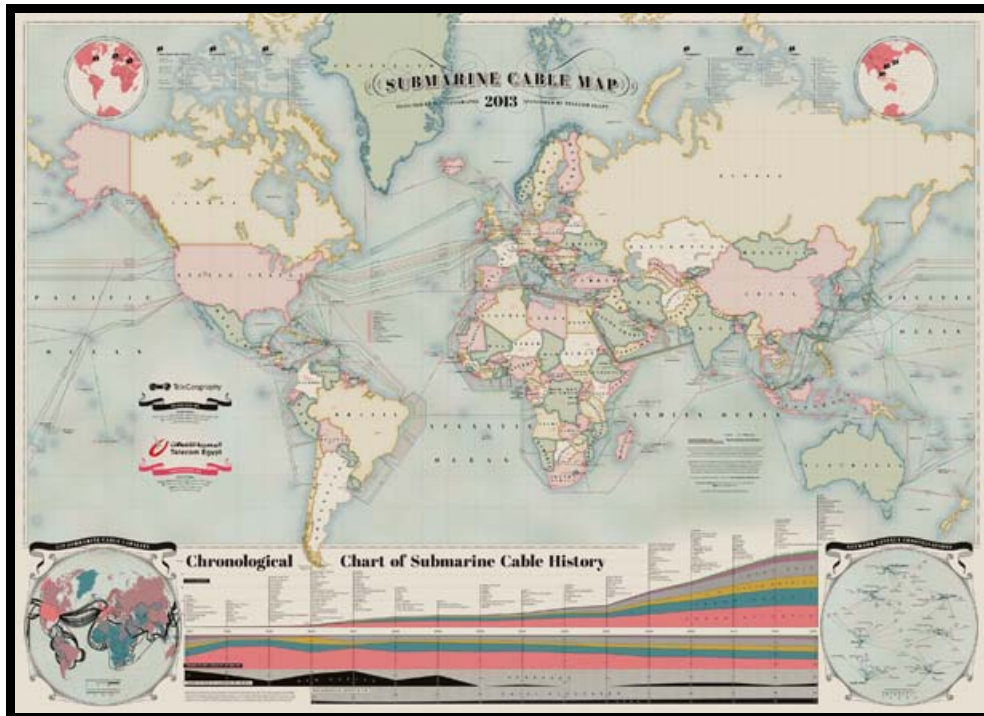


Ilustración 6: Instalación de cables submarinos transoceánicos (Fuente: www.enterate.unam.mx)

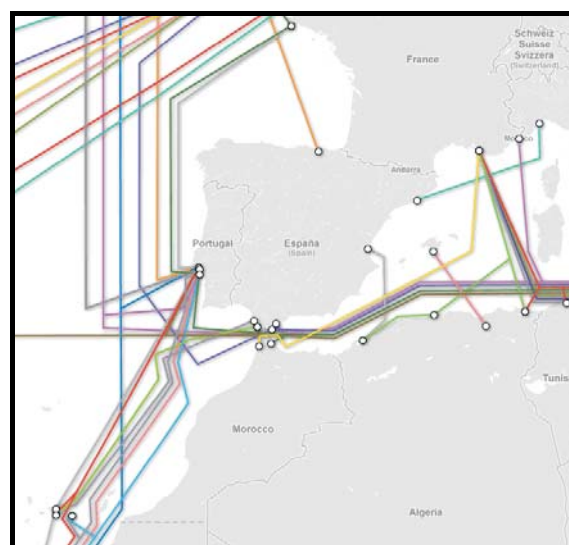
Este tipo de redes son propiedad de grandes compañías que basan su mercado en el alquiler de fibras a operadores de todo el mundo para la interconexión de países.

En el mapa que se muestra a continuación realizado por TeleGeography, nos da detalles de los cables de fibra submarinos de gran capacidad instalados por el mundo.



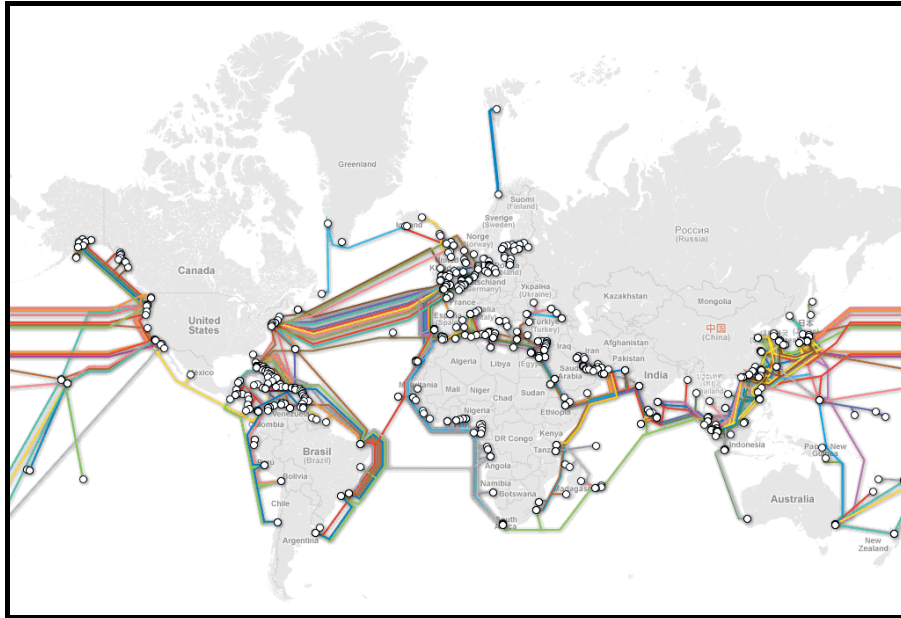
Mapa 1: Mapamundi donde se pueden observar las redes submarinas entre distintos países (Fuente: www.telegeography.com)

A través de Submarine Cable Map podemos observar que, aunque España tiene una buena situación geográfica, su importancia en este aspecto se limita al Mediterráneo a través de ramales de cables en Conil, Cádiz y Estepona que llegan desde el norte de Europa y pasan el Estrecho de Gibraltar, además de enlaces más cortos que salen de Valencia, Barcelona o Ses Covetes (Balears).



Mapa 2: Enlaces submarinos en la península Ibérica (Fuente: www.telegeography.com)

Por su parte, en las Canarias tienen parada bastantes cables que siguen hacia el sur bordeando África. En Bilbao existe una conexión con Reino Unido, principal lugar de entrada de los cables transatlánticos. Finalmente, Lisboa es el principal punto de enlace en la Península Ibérica con el resto del continente.



Mapa 3: Visión de las redes submarinas actuales (fuente: www.telegeography.com/)

7 Conectividad en el territorio catalán

Es objeto de este apartado el análisis del despliegue de la fibra óptica en el territorio catalán desde sus inicios, en los años 80, hasta la actualidad.

También se hace una reflexión de hacia dónde van las redes de fibra óptica en el futuro.

7.1 Inicios de la fibra óptica en el territorio catalán

7.1.1 Etapa pre-inicial: 1980 - 1990

A finales de los años 80 algunas empresas energéticas, como Red Eléctrica de España, empiezan a tender cable de fibra óptica para introducirse en el mercado de las Telecomunicaciones, que en ese momento se encuentra en auge.

Proyectan una red que le permita interconectar las infraestructuras eléctricas de la compañía y a su vez poder alquilar el resto de fibras para otros operadores.

Para desplegar su red de fibra óptica realizan un proyecto que les permita cambiar los cables de tierra existentes, por cables híbridos (cable eléctrico + fibras ópticas), con los cuales podrán renovar parte de su red eléctrica, generando una red de fibra óptica que le permita conectar mediante fibra óptica sus dependencias. Esto permite mejorar sus sistemas de seguridad y control en sus centrales dándole la posibilidad de actuar en ellos remotamente.



Mapa 4: Mapa de las líneas de REE (fuente: Red Eléctrica de España)

En 1985 Telefónica pone en servicio el sistema de 140 Mbps sobre cable de fibra óptica, en la ruta BCN/Can Serra a BCN/Corts de Barcelona.

En Barcelona se tienden 9,5 kilómetros de cable de 16 fibras y 4,8 kilómetros de ocho fibras y otros, con una capacidad de 1.920 circuitos por cada par de fibras.

7.1.2 Etapa de crecimiento: 1990 - 2000

A mediados de los años 90 las administraciones públicas catalanas dan un impulso al despliegue del cable, la Generalitat lleva a cabo varios estudios de viabilidad de la conexión mediante fibra óptica de la ciudad de Barcelona.

El inicio de las redes de fibra óptica en Cataluña tienen su origen en la necesidad de poder conectar los centros de investigación y las universidades entre sí, para poder obtener de manera más sencilla y rápida la información entre ellas, como en el resto de Europa.

Es por ello, que el Centre de Supercomputació de Catalunya (CESCA) y en colaboración con las Universidades Catalanas, el CSIC y la Fundació Catalana per a la Recerca, en 1993 se pone en marcha una red de transmisión de datos de alta velocidad llamada l'Anella Científica.

La primera **Anella Científica** era una red de comunicaciones de altas prestaciones que conectaba los principales centros de investigación de Cataluña con el CESCA. En concreto, consistía en un cableado de fibra óptica extendido a las áreas del Barcelonés y del Vallés dotado de una capacidad de transmisión de 34 Mbps. Esta red permite la interconexión entre las diferentes universidades de Cataluña, el Vall d'Hebron y el Parc Taulí.

Fue la primera red de estas características instalada en el Estado y una de las primeras de Europa. Instalada por Telefónica, estuvo en funcionamiento hasta mayo de 1998.

Se trataba de una red de área metropolitana o MAN⁶ basada en tecnología bus dual de cola distribuida o DQDB⁷. La tecnología DQDB es un tipo de red diseñada para interconectar las redes de área local o LAN como soluciones técnicas que ofrecen más fiabilidad y menores costes que las conexiones por circuitos dedicados punto a punto.

La primera Anella Científica conectaba los siguientes centros: Fundació Catalana per a la Recerca, Universitat de Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat Politècnica

⁶ MAN – Medium Access Control

⁷ DQDB - Distributed-Queue Dual-Bus

de Catalunya, Universitat Pompeu Fabra, Hospital Vall d'Hebron, U.D.I.A.T., Universitat Oberta de Catalunya, CIESCA, Universitat de Girona, Universitat Rovira i Virgili y Universitat de Lleida.

Esta primera versión de l'Anella Científica, permitió conectar más de cincuenta instituciones.



Mapa 5: Municipios donde se ubicaban los primeros centros de la Anella Científica (fuente: Eva Aranda)

La segunda versión de l'Anella Científica, se le denominó **Anella ATM**. Fue construida en 1998 y se renovó la tecnología para satisfacer las nuevas necesidades de las instituciones conectadas. La nueva Anella se basa en la tecnología de modo de transferencia asíncrona o ATM sobre una red de transporte de jerarquía digital sincrónica o SDH.

La Anella ATM estaba soportada por una red de más de 90 km de fibra óptica extendida en la ciudad de Barcelona. Sobre esta infraestructura física se había implementado una red de transporte basada en tecnología SDH, consistente en 2 anillos a 2,5 Gbps (principal y secundario) que discurrían por trazados diferentes, y que permitían disponer de un camino alternativo, en caso de corte del anillo principal.

Las principales aplicaciones de la Anella ATM se basaban en la transmisión de información digital de todo tipo, incluyendo imágenes estáticas o en movimiento (videoconferencia, visualizaciones generadas por ordenador y la representación de los resultados experimentales).

En la última fase de la Anella ATM había 41 instituciones que se conectaban mediante alguno de los 27 puntos de acceso.

En la siguiente imagen se pueden observar las instituciones que se conectaban a la Anella ATM de forma directa.

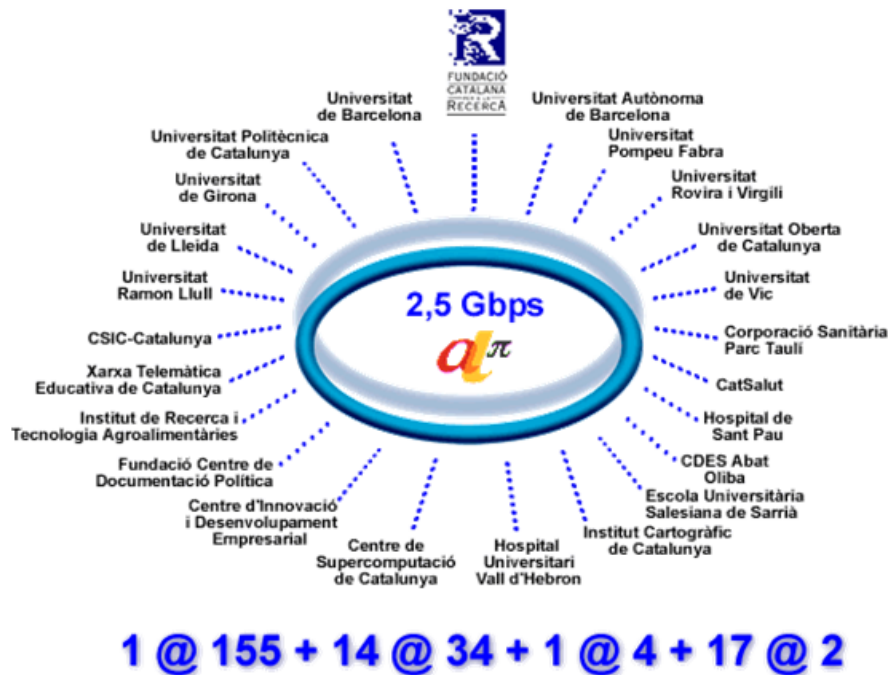


Diagrama 2: Centros conectados en la segunda Anella Científica (fuente: Orange)

El suministrador tecnológico era Catalana de Telecomunicacions Societat Operadora de Xarxes, empresa participada por France Telecom y la Generalitat de Catalunya tras la venta, por parte de esta última, del 75% de las acciones del Centre de Telecomunicacions al operador francés. El Centre de Telecomunicacions era el titular de una red de fibra óptica que conectaba diferentes edificios de la Generalitat.

La empresa **Catalana de Telecomunicacions**, posteriormente Al-Pi, se comprometió a hacer un despliegue de la red de fibra óptica, que debía haber conectado todas las capitales de comarca en 2001.

La **Generalitat** en ese momento se planteó ejecutar una red de fibra óptica, que permitiera conectar las diferentes sedes públicas de Barcelona. Para este proyecto Catalana de Telecomunicacions conjuntamente con IMI (Institut Municipal d'Informàtica) acuerdan que realizaran la red de forma paralela utilizando la infraestructura de TMB (Transports Metropolitans de Barcelona). La empresa de transportes permite el tendido de cable por el interior de sus túneles, y de esta manera se reducen considerablemente la inversión en nueva infraestructura para realizarla.

En 1993, Telefónica aprobó una inversión durante dos años en el llamado Plan Fotón, cuyo objetivo declarado era cablear con fibra óptica todas las ciudades de más de 50.000 habitantes. En 1994 la red se había ampliado en 1.816 kilómetros de cable, con lo que se cubrían 33.500

manzanas; la previsión de Telefónica era llegar a finales de 1995 hasta al menos 55.000 manzanas urbanas, con un potencial de veinticinco millones de clientes.

Esta inversión en fibra óptica se extendió igualmente a Cataluña. La planta de fibra óptica de Telefónica en Cataluña pasó de 14.457 kilómetros de fibra en 1990 a 88.143 en 1992, lo que reflejaba el apoyo a los JJOO de ese año, y a 275.817 kilómetros en el año 2001.

En Barcelona ciudad, a principios de 2002, Telefónica había tendido 2.020 kilómetros de cable, con un total de 95.000 kilómetros de fibra.

Las cifras de la siguiente tabla muestran cómo la transmisión por fibra óptica fue desplazando progresivamente a los cables urbanos de pares y al cable coaxial en la red de Telefónica en España, pudiendo hacer una aproximación con el territorio catalán.

| | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| km cable coaxial | 10566 | 10634 | 10707 | 10706 | 10526 | 10329 | 10234 | 10120 | 9990 |
| km cable fibra óptica | 15131 | 20290 | 22056 | 24857 | 29339 | 36041 | 43086 | 47130 | 49653 |
| km cable interurbano pares | 57280 | 58034 | 58554 | 59109 | 59016 | 58826 | 58439 | 58141 | 57802 |

Tabla 3. Evolución del despliegue de fibra óptica de Telefónica en España

Tabla 4: Evolución del despliegue de fibra óptica de Telefónica de España (fuente. Doctorado la política del cable en Cataluña (Ricardo Ruiz (UOC)))

A su vez **TMB** empieza a desplegar su propia red de fibra óptica que permite conectar sus centros de gestión y sus estaciones de Metro, creando su propia red troncal. Para ello utilizan las líneas que en aquel momento eran existentes L1, L3, L4 y L5.



Mapa 6: Infraestructura de TMB sobre la que se despliega la red de fibra óptica (Fuente: TMB)

A finales de la década de los 90, cuando se inicia el despliegue de las redes de los diferentes operadores, **TMB** cede las infraestructuras del Metro (túneles, andenes, ventilaciones, etc) para el despliegue de estas nuevas redes. Las condiciones que impone en un primer momento provocan una gestión compleja puesto que los cables se instalan manualmente en horario nocturno, cuando no circulan trenes. Debido a la complejidad de estas instalaciones, TMB modifica las condiciones y obliga a instalar tritubos de PEAD de D40mm en los hastiales y bóvedas de los túneles. Los puntos de acceso a esos tritubos los sitúan en arquetas construidas en la vía pública junto a ventilaciones de túnel o estación por los cuales se instalan los tritubos que conectan con los instalados en túnel. TMB crea un procedimiento de trabajo e instalación y obliga a usar maquinaria de floating para el tendido de los cables de fibra óptica desde el exterior de metro, evitando el acceso de personal ajeno a Metro a su infraestructura, únicamente para labores de instalación y mantenimiento de los tritubos.

Esto permite construir a los operadores anillos de fibra en la ciudad sin tener que invertir en infraestructura propia, más de la necesaria para el acceso al cliente.

Es también a partir de 1998, cuando los diferentes operadores de fibra óptica incluyendo la Generalitat, llegan a un acuerdo con la empresa **CLABSA** (Clavegueram de Barcelona, S.A.) que es la empresa encargada de la gestión técnica del alcantarillado municipal, para interconectar mediante los pozos o registros presentes en el alcantarillado la red de TMB con las canalizaciones finales del operador, que conectarán con los edificios.

A finales de los años 90, el operador **Cable y Televisió de Catalunya** obtuvo la concesión de la licencia de la explotación de servicios de televisión por cable. Se desplegó una red mixta de fibra óptica y cable coaxial para ofrecer servicios multimedia en Cataluña.

En 1999 otro operador de gran relevancia en Catalunya, **COLT Telecom** llega a Barcelona desplegando red propia de fibra óptica para dar servicio de voz y datos a empresas. Como en el caso de la Generalitat los primeros anillos de fibra construidos por COLT, conectan principalmente la ciudad de Barcelona con sus nodos principales.

En 1999 la empresa conocida comercialmente como **Uni2**, compra el 65% de Catalana de Telecomunicacions, pasando esta a ser una empresa semi-privada.

7.1.3 Etapa de expansión por todo el territorio: 2000 - Actualidad

En el año 2000, dado que el despliegue de fibra óptica al que se habían comprometido Catalana de Comunicacions, no estaba avanzando según lo previsto, la Generalitat de Cataluña,

Localret y Telefónica de España firmaron un convenio para la extensión de las redes de fibra óptica y los servicios ADSL de Telefónica en Cataluña.

En virtud de ese convenio, Telefónica se comprometía a que antes de diciembre de 2001 el 92% de la población de Cataluña pudiera conectarse al servicio ADSL, y a que su troncal de fibra óptica se extendiera de modo que pudieran prestarse sobre ella servicios para el 95% de la población.

En la práctica, este compromiso se traducía en asegurar la disponibilidad del ADSL en todos los municipios de más de 2.500 habitantes y la conexión a la red de fibra óptica de todos los mayores de 2.000 habitantes. Por tanto, se aseguraba, aunque de un modo imprevisto, el objetivo de las administraciones de conectar todas las capitales de comarca a una red de fibra óptica antes de finalizar el año 2001.

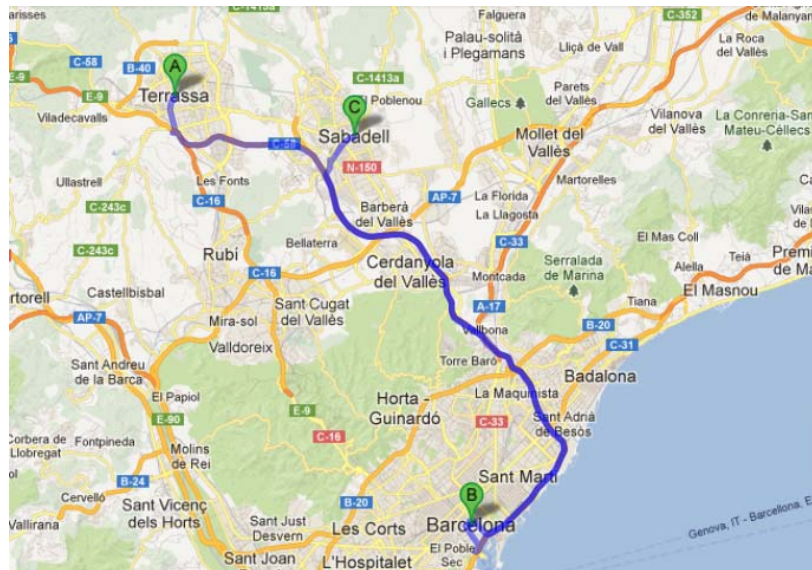
Es a **principios de los años 2000** cuando los operadores empiezan a desplegar su red al área metropolitana de Barcelona, donde también se encuentra una gran demanda de servicios.

Como ya se ha comentado en varias ocasiones, el despliegue de las redes se proyecta intentando reducir los costes de infraestructuras lo máximo posible, por lo que los operadores empiezan a acordar la utilización de infraestructuras existentes con los diferentes propietarios de las mismas.

Por ejemplo, para la Conexión de Terrassa y Sabadell, Catalana de Telecomunicacions, Societat Operadora de Xarxes llega a un acuerdo con **Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya (FGC)**, por el cual el operador podía instalar su red de fibra óptica utilizando las infraestructuras existentes de FGC, si el operador instalaba a la vez la propia red de fibra óptica de Ferrocarriles. De esta manera el coste del despliegue era asumible por parte de Al-pi y el operador conseguía tener una red que podría utilizar para sus conexiones internas o para alquilar las fibras en caso de que fuera necesario.

La conexión de estas dos poblaciones permitió que se ampliara considerablemente el territorio donde había presencia de fibra. Se pudieron conectar grandes zonas de negocios como las de las poblaciones de Sant Cugat, Barberà del Vallès, Sabadell y Terrassa.

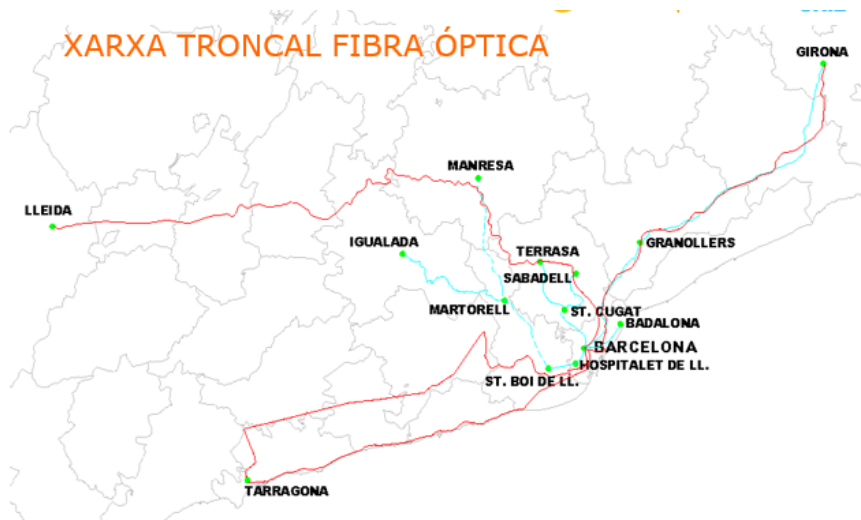
También en esta época los operadores encontraron la necesidad del despliegue de la red a las otras tres capitales de provincia. Para ello, se utilizaron las infraestructuras de RENFE.



Mapa 7: Línea de FGC Barcelona- Terrassa – Sabadell (Fuente: Eva Aranda)

Esto permite a su vez, realizar el despliegue hacia las poblaciones que se encuentran a su paso. La red consiste en llegar mediante el cable de fibra óptica a la provincia, donde se construye un nodo principal a partir del cual se despliegan los anillos que conectan las poblaciones colindantes.

Este es el caso de Al-Pi, que desplegó parte de su red a través de las líneas de ADIF:



Mapa 8: Ampliación de la Red de Al-pi aprovechando la línea ADIF para la conexión de las capitales de provincia en 2002 (Fuente: Orange)

Como se puede observar en el mapa anterior, las redes se expandían rápidamente. Mediante infraestructuras existentes, era posible conectar aquellas poblaciones que se encontraban entre Barcelona y el resto de provincias Catalanas.

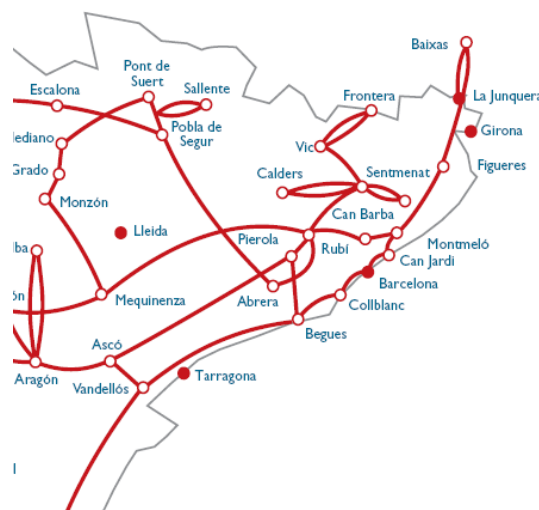
En la siguiente tabla se puede observar las diferentes partes de la red y las infraestructuras utilizadas por Al-pi en 2002.

| DESCRIPCIÓ | DISTANCIA (MTS) | Nº FIBRAS | PROPIETAT |
|--------------------------------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|
| Barcelona/Tarragona alquiler Centre | 118.155 | 10 | LLOGUER CTGC |
| Tarragona E.R /Tarragona nodo | 5.343 | 16 | LLOGUER RENFE |
| Cornellà/Sant Joan Despí | 1.617 | 24 | LLOGUER RENFE |
| Sant Joan Despí/Sant Felíu Llobregat | 2.050 | 24 | LLOGUER RENFE |
| L'Hospitalet Llobregat / Cornellà | 1.180 | 8 | LLOGUER RENFE |
| TOTAL | 128.345 | | |
| Barcelona/Granollers/Girona | 113.512 | 46 | AL-PI COMPARTIDA CON MENTA Y CORREOS |
| Barcelona/Badalona | 15.561 | 46 | AL-PI COMPARTIDA CON MENTA Y CORREOS |
| Barcelona/Sant Cugat/terassa | 25.641 | 46 | AL-PI (POR INFRAESTRUCTURA FGC) |
| Sant Cugat/Sabadell | 12.289 | 46 | AL-PI (POR INFRAESTRUCTURA FGC) |
| Barcelona/Sant Boi Llobregat | 10.526 | 46 | AL-PI (POR INFRAESTRUCTURA FGC) |
| Martorell/Igualada | 36.750 | 46 | AL-PI (POR INFRAESTRUCTURA FGC) |
| TOTAL | 214.279 | | |
| Barcelona/Lleida | 208.000 | lambda | LLOGUER UNI2 |
| Back-up Barcelona/Girona | 112.321 | lambda | LLOGUER UNI2 |
| Back-up Barcelona/Tarragona | 96.132 | lambda | LLOGUER UNI2 |
| TOTAL | 416.453 | | |

Tabla 5: Infraestructuras y fibras utilizadas para la conexión de las capitales de provincia (Fuente: Orange).

Es también a principios de los 2000 cuando la empresa Red Eléctrica de España (REE) continúa con su despliegue de fibra óptica por la península, creando diferentes redes por el territorio catalán. Aumentan considerablemente los kilómetros de fibra que poseen, ampliando así la capacidad de fibra a alquilar.

En 2004, la red de fibra óptica de REE, tenía desplegada fibra óptica en los siguientes municipios:



Mapa 9: Red de fibra óptica desplegada por REE en 2004 (Fuente: REE)

Hasta el 2001, en el centro de Barcelona, cuando un operador quería desplegar su red de fibra óptica, o utilizaba las canalizaciones de TMB o Clabsa, como ya se ha comentado, o realizaba su propia infraestructura mediante obra civil.

Para que se agilizaran los trabajos de infraestructuras, limitar el número de canalizaciones a realizar y crear una serie de normas que todos los operadores cumplieran, en 2001 se crea Localret, consorcio orientado a la gestión de infraestructuras de telecomunicaciones formado por administraciones locales catalanas. La característica principal de estas canalizaciones, es que son compartidas por todos los operadores que la quieren usar.

Es por este motivo que durante el proceso de proyección de la nueva canalización se realizan reuniones con los diferentes operadores que querían desplegar su red de fibra en el territorio, para que puedan hacer una petición de los recursos que necesitaran en la infraestructura según sus expectativas de crecimiento.

Una de las infraestructuras pioneras de Localret fueron las canalizaciones de la Avenida Diagonal y el Paseo de Gràcia en Barcelona. Al tratarse de importantes ejes comerciales donde se preveían grandes consumos de servicios soportados con cable de fibra óptica. La demanda de conductos por parte de los operadores fue muy elevada y fue necesario la construcción de cámaras de registro de grandes dimensiones que posibilitaran la instalación de elementos de todas las redes a desplegar. Las canalizaciones se construyeron con 20 conductos de D125mm para los distintos operadores, identificando los conductos de cada operador con un determinado color por el cual ellos pasarían su fibra. Localret construyó infraestructuras más modestas en las cuales participaban 2 o 3 operadores y para las cuales solo fue necesario construir zanjas tradicionales con prismas de 4 o 6 conductos y arquetas de registro de dimensiones habituales.

A **mediados de los 2000** France Telecom compra a la Generalitat de Catalunya su 25% de las acciones de Al-pi y privatiza totalmente la empresa. Para la creación de esta red, se habían ubicado los principales nodos de la red en edificios públicos de la administración, que en ese momento le exigen a Al-Pi que los cambie de ubicación.

A principios de los 2000, el Ajuntament de Barcelona proyecta la remodelación del distrito del Poblenou, que pasará a denominarse distrito tecnológico **22@**, Se pretende dinamizar una zona eminentemente industrial y convertirla en un área de negocios donde ubicar a empresas punteras, instituciones y administraciones. Actualmente alberga a algunas de las principales empresas tecnológicas como Indra o T-Systems. Posteriormente se instala la CMT.

En la urbanización del barrio se proyectan, entre otros servicios, infraestructuras de telecomunicaciones. La idea inicial es construir canalizaciones compartidas, estilo Localret, pagadas de forma conjunta por los distintos operadores. La realidad es que solo Telefónica se apunta al proyecto. Debido a la falta de quorum, se modifica la idea inicial y en lugar de construir canalizaciones para que cada operador despliegue su red, se decide construir una red de fibra óptica neutra. Las nuevas reglas del juego impiden que los operadores puedan construir infraestructura propia y obligan a que utilicen la red neutra del 22@.



Mapa 10: Red de canalizaciones de la zona 22@ (Fuente: www.22barcelona.com)

La modalidad de red neutra consiste en poner a disposición de los distintos operadores de una red mayorista que ofrece fibra oscura, no servicios finales. El Ayuntamiento actúa de mayorista y posibilita el despliegue de red para proveer de servicios tanto en el sector empresarial como el residencial.

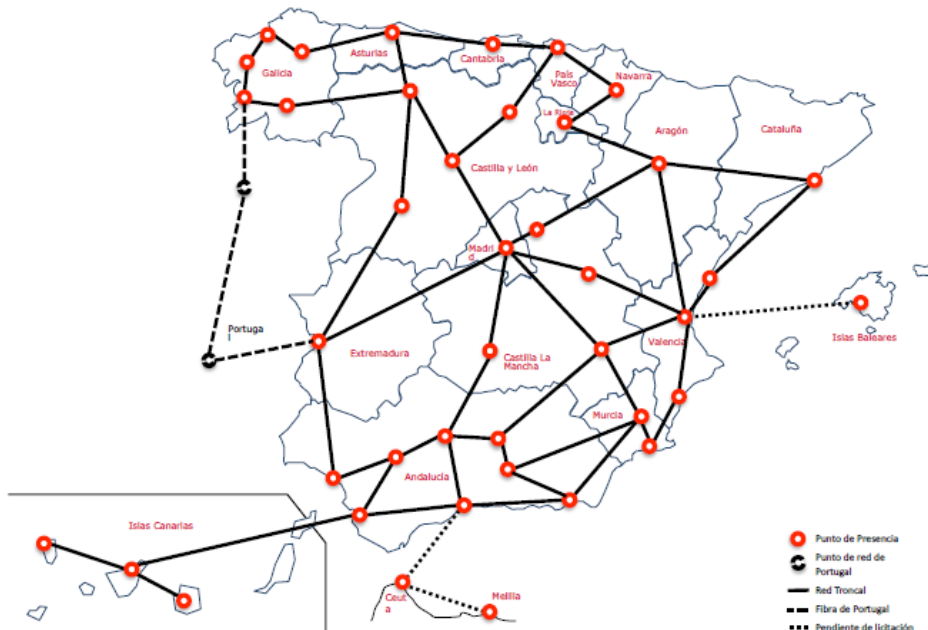
22@ realiza la conexión con el edificio y desde allí los diferentes operadores montan su red interna. A su vez, esto permite iniciar las redes FTTH (Fiber To The Home) en los edificios de nueva construcción del distrito.

En el año 2009, se aprueba una nueva normativa que regirá el despliegue de las redes de nueva generación. La CMT impone a Telefónica la obligación de “proporcionar un servicio mayorista de acceso indirecto de banda ancha de hasta 30 megabits (Mbps) en todo el territorio, independientemente de la infraestructura que soporte el servicio, a unos precios orientados al coste”.

Para fomentar las competencias en nuevas infraestructuras, la CMT mantiene la obligación para Telefónica de proporcionar el acceso a sus conductos e infraestructuras pasivas a precios

orientados en función de los costes de producción. Además Telefónica deberá informar con antelación a la CMT y al resto de operadores de la evolución de su red.

En 2011 se crea la **Red Iris-Nova** que multiplica considerablemente sus puntos de conexión. Permite conectar l'Anella científica con sedes públicas por el resto de la península, aumentando los puntos de acceso a una de las mayores redes para entidades de investigación existente.



Mapa 11: Red de fibra RedIRIS-NOVA (Fuente: Orange)

7.2 Actualidad

Cada vez es mayor la demanda de ancho de banda de los usuarios de internet. Debido a las nuevas tecnologías, cada vez es más necesario mayor rapidez y mayor capacidad. Es por este motivo, que el despliegue de las redes de fibra óptica es fundamental para los operadores de telecomunicaciones. Estos pueden llegar a sus clientes mediante sus redes propias o a través de terceros.

Estas necesidades llevan a los operadores hacia redes de fibra total, es decir, redes FTTH, en las que se llega con fibra hasta el cliente final.

En el presente apartado se desarrolla el estado actual de las diferentes redes de operadores de telecomunicaciones, entidades públicas y propietarios de infraestructuras que explotan redes de fibra óptica.

7.2.1 Operadores de telecomunicaciones

Son muchas y muy diversas las opciones que tienen los usuarios finales de Internet para conectarse a través de los diferentes operadores. Los usuarios tienen un amplio abanico donde escoger el proveedor de sus servicios de telecomunicación.

La mayoría de estas empresas u operadores tienen su propia red de fibra óptica.

A continuación se detallan las redes de fibra óptica de los operadores más importantes que hay en el territorio catalán.

RED DE ORANGE:

Actualmente la red de Orange tiene una gran presencia en todo el territorio Catalán.

La mayor parte de la red se encuentra en el área metropolitana de Barcelona, al igual que la de la mayoría de los operadores. El área metropolitana es donde se concentra un mayor número de habitantes y de empresas, por lo tanto donde mayor es la demanda de fibra.

Además, como ya se ha comentado en apartados anteriores, Orange llega a las cuatro capitales de provincia.

En el siguiente mapa se detalla la red de fibra de Orange.



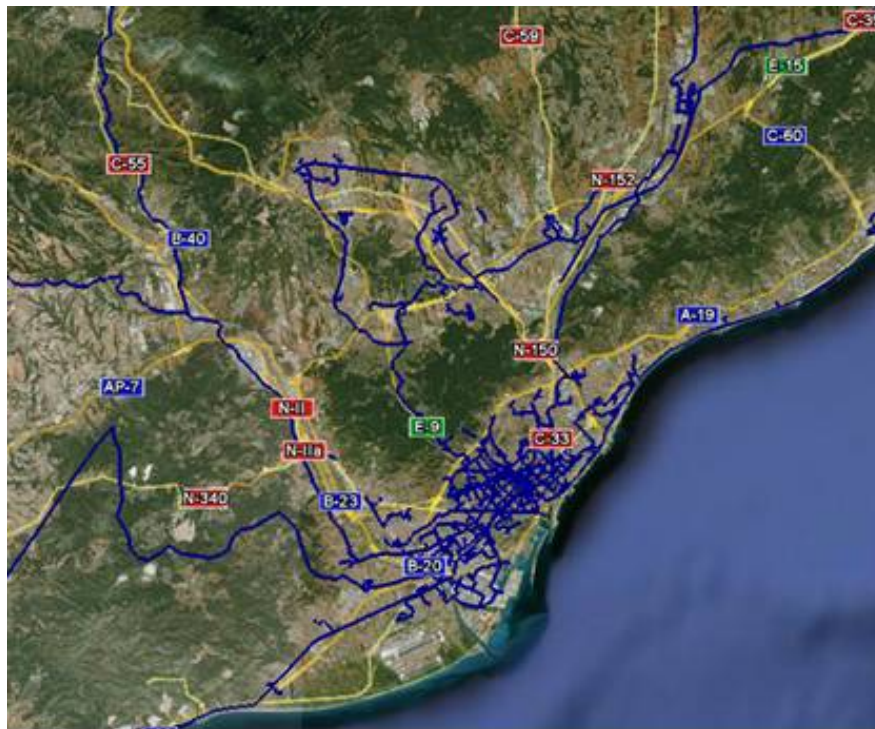
Mapa 12: Red de Orange en Catalunya (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Se puede observar como la red está mayoritariamente concentrada en Barcelona y su área metropolitana y se abre para poder conectar las otras capitales de provincia y las poblaciones que se encuentran a su paso.

La red de fibra de Orange está compuesta por red propia y por red alquilada, que le permite llegar a nuevas poblaciones como Manresa, Igualada, Mataró, Vilanova i la Geltrú o Vic. A través de la red de Correos, Telefónica o Xarxa Oberta de Catalunya, entre otros.

Orange está ampliando su red a ciudades con importante densidad de población o a polígonos industriales con cierto número de empresas.

Cuando realizamos un análisis más detallado del Área Metropolitana de Barcelona, observamos que la red está muy desplegada por toda el área, y que desde los nodos principales instalados en la ciudad salen las líneas de fibra hacia el resto de provincias.



Mapa 13: Red de Orange en Área Metropolitana (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Como ya se ha comentado en los apartados anteriores, la red de fibra de Orange en la ciudad de Barcelona se originó a partir de utilizar las infraestructuras de TMB. La red sigue utilizando este trazado para parte de su red.

Dentro del área metropolitana, la red también está muy diversificada. Mientras que gran parte de la red es propia, hay fibras alquiladas en la zona 22@ o conductos alquilados a Telefónica para nuevos despliegues.

Gracias a la utilización de infraestructuras compartidas, la red de Orange ha podido seguir creciendo a un buen ritmo, siendo un operador con una buena posición en el mercado.

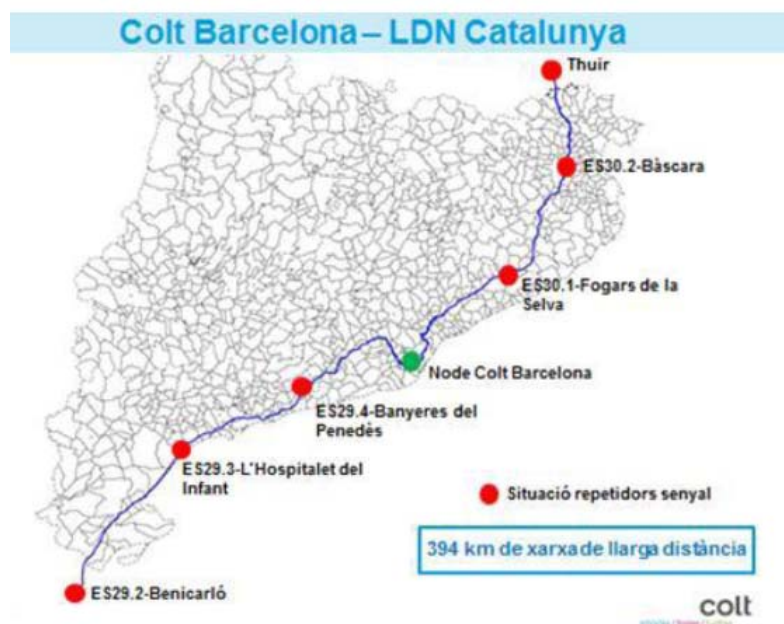
RED DE COLT

El operador COLT Telecom es también uno de los operadores con gran despliegue de red de fibra en Cataluña.

COLT tiene 2 tipos de redes en la actualidad en Cataluña, las redes de larga distancia (LDN) y redes metropolitanas.

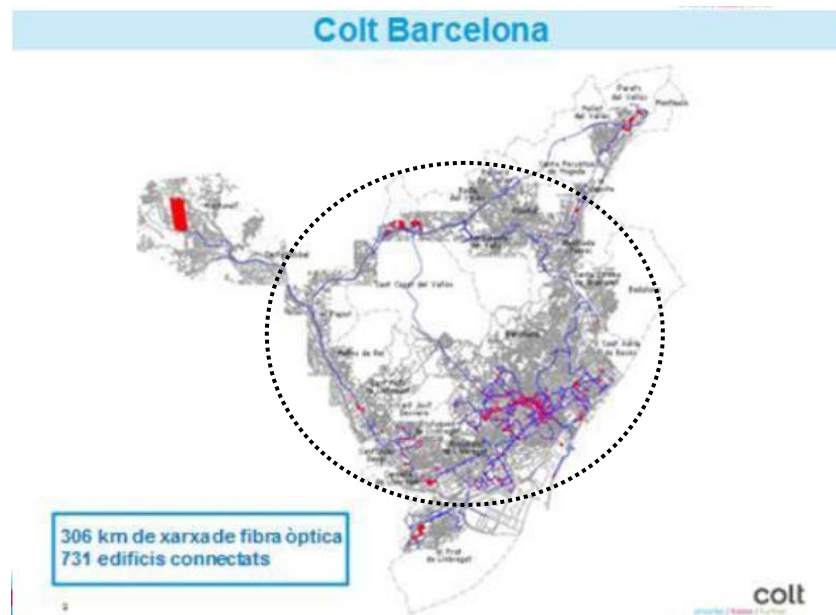
Cuando se habla de redes de larga distancia, nos referimos básicamente a redes internacionales. COLT tiene una red internacional llamada LDN, que conecta las principales ciudades europeas. La entrada en España es por la Jonquera. El cable discurre por canalizaciones de la AP7, entra en Barcelona por el tail Norte hasta los nodos de conmutación. Parte de Barcelona por el Tail Sur y continúa por la AP7 conectando Valencia, Madrid, Burgos, Bilbao y sale de España por Irún. Es la red más importante para este operador, ya que por ella pasan sus enlaces más delicados.

A lo largo de su red, Colt ha dispuesto estratégicamente nodos de conmutación y regeneración de señal. En el siguiente mapa se pueden observar los diferentes nodos que el operador tiene para dar continuidad a esta red de fibra.



Mapa 14: Red LDN de COLT (Fuente: www.colt.net)

La red LDN de COLT es una red que se ha construido principalmente mediante la infraestructura de ACESA, alquilando o comprando tubos a la concesionaria de autopista para poder tender su propio cable.



Mapa 15: Red Metropolitana de COLT (Fuente: www.colt.net)

Al igual que para Orange, la mayoría de la red de COLT Telecom también se encuentra en la ciudad de Barcelona y su área metropolitana.

Como podemos observar, la red de COLT en el área metropolitana tiene forma de anillo, pudiendo dar así servicios redundados, mucho más fiables y seguros a sus clientes.

COLT tiene su mercado muy definido, ya que ofrece servicio sólo para empresas. Por eso su despliegue busca conectar nuevas poblaciones y, sobretodo, sus principales áreas industriales.

Para el despliegue de su red, COLT utiliza muchos de los recursos disponibles para los operadores tanto dentro como fuera de la ciudad, ya que utiliza las infraestructuras disponibles en la red de TMB, CLABSA o ACESA y el alquiler de fibras de 22@, XOC o ADIF, entre otros.

Desde la resolución de la CMT con respecto a la cesión de infraestructuras entre operadores, COLT ha ampliado considerablemente su red a través de las canalizaciones de Telefónica.

Actualmente están conectadas poblaciones como Montcada, Parets del Vallés, Sant Cugat o Molins de Rei, entre muchas otras. En la actualidad, mediante el alquiler de infraestructuras a otros operadores, tales como Telefónica, ADIF o Correos, COLT está extendiendo su red a otras poblaciones más alejadas del área metropolitana como Manresa, Terrassa o Sabadell.

RED DE TELEFONICA

Telefónica comenzó en 2011 con el despliegue de una red de fibra hasta el hogar en España y en febrero de 2013 contaba con unas 362.000 líneas de fibra en España y cerca de 3 millones de hogares conectados.

Como ya es sabido, durante muchos años Telefónica ha tenido el monopolio de las Telecomunicaciones en España, lo que les ha proporcionado una gran facilidad para despliegue de su red de fibra, teniendo en la actualidad la más extensa y amplia red existente en el territorio catalán.

En la actualidad, Telefónica está basando todos sus esfuerzos en crear la mayor red de FTTH en Cataluña. Actualmente, de toda la red de FTTH existente en Cataluña, aproximadamente el 97% de las conexiones es mediante la red de Telefónica.

Básicamente, aprovechando que la mayor parte de los clientes ya están conectados a través de la red de cobre, Telefónica está migrando esta red de pares que acceden a las viviendas por cable de fibra óptica. Este es uno de los aspectos controvertidos puesto que Telefónica utiliza los derechos de paso que utilizó en el despliegue de su red telefonía de pares de cobre, adquiridos cuando era empresa pública, para desplegar una nueva red de fibra óptica. El resto de operadores no tienen las mismas facilidades de despliegue.

Según la previsión realizada por Telefónica, a finales de 2013, el 60% de los hogares del área metropolitana de Barcelona contarán con conexión a internet a través de fibra óptica, mientras que la mitad de los tres millones de hogares de toda Cataluña accederán a esta tecnología.

RED DE JAZZTEL

La Red del Grupo JAZZTEL, se compone de cuatro elementos principales: La Red Troncal Nacional, las Redes de Área Metropolitana (MANs), la Red xDSL y los Nodos

La red de fibra óptica la componen los anillos metropolitanos, o Redes MAN, que comprenden anillos simples de fibra óptica que permiten la conexión directa con los clientes dentro de la ciudad o del área metropolitana.

La Red de fibra óptica está pensada para poder ampliarse de forma gradual y para garantizar una alta flexibilidad y fiabilidad. Un diseño que permite a JAZZTEL facilitar un gran ancho de

banda a sus clientes actuales al tiempo que garantiza un potencial sustancial para futuras ampliaciones. La Red facilita redundancia en múltiples niveles, al utilizar una estructura de anillo de protección compartida.

JAZZTEL, también ha recurrido al alquiler de fibra óptica, fundamentalmente para conectar municipios entre sí salvando los tramos interurbanos.

En la actualidad, Jazztel está invirtiendo en el despliegue de su red de FTTH. Para ello han firmado un acuerdo con Telefónica, para que cada una de las empresas conecte la mitad del territorio y después compartan las infraestructuras, de esta manera se decrementan los costes de infraestructura que es el coste mayor de la construcción de una red de fibra óptica.

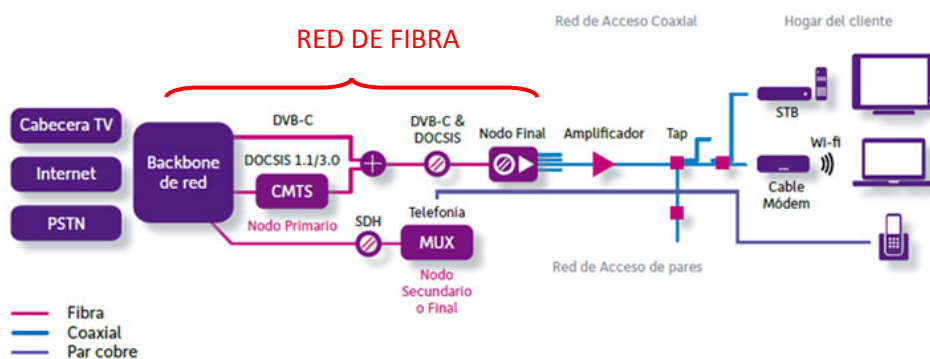
Dentro de este acuerdo, Jazztel llegará en 2014 a través de su red de fibra óptica, a más de 900.000 hogares de la provincia de Barcelona.

RED DE ONO

ONO dispone de una red propia de nueva generación de ámbito nacional. Está constituida a su vez por las redes de acceso (entre las que se encuentra la de Fibra), las redes de Conmutación de Voz y de Datos, la de Transmisión y las redes de Servicios Móviles y Audiovisuales.

Las redes de acceso de ONO se caracterizan por una amplia cobertura y una gran capacidad. La red de fibra de ONO no llega hasta el cliente final, sino que dispone de una red mixta de fibra y cobre.

La arquitectura de la red es la siguiente:



Mapa 16: Arquitectura de la Red de ONO

Hoy en día, la red de Ono ofrece unas más que aceptables prestaciones con una velocidad de navegación de hasta 50 megas reales. La gran capacidad de la red de Acceso cable permite prestar una amplia gama de servicios digitales de comunicación y entretenimiento, tanto

servicios “Triple play” (Voz, TV e Internet) a clientes residenciales, como servicios avanzados de ASP y de conectividad extremo a extremo a clientes empresariales y operadores.

RED DE ADAMO

Adamo es una empresa de telecomunicaciones que nace en Suecia en 2004, llega a España el 2007 y a Cataluña en 2012.

Adamo es una empresa de telecomunicaciones que se instala en Barcelona y rompe con el monopolio de la fibra óptica hasta el hogar que tenía Telefónica.

La empresa de telecomunicaciones, que cuenta con la sede central en Barcelona, dispone de accesos instalados con fibra óptica en más de 10.000 hogares en Barcelona, cifra que va creciendo día a día.

Desde 2012 Adamo proporciona fibra óptica hasta el hogar en las zonas de Sagrera, Vall d'Hebron y Zona Franca. También explota parte de la red de Viladecans (ver apartado Entidades Públicas más abajo).

7.2.2 Entidades públicas

Se incluye dentro de entidades públicas a los Ayuntamientos, Organismos Municipales y Organismos Autonómicos que tienen red propia de fibra.

Podemos dividir dos grandes grupos dentro de este tipo de redes:

- Redes de conexión de explotación propia. Estas son las redes que permiten la conexión de las diferentes sedes públicas mediante la red de fibra y su uso principal es la interconexión de las mismas.
- Redes de conexión comercializables. Estas son redes que tienen como fin la comercialización de la red o parte de ella

A continuación se realiza un análisis de las diferentes redes de entidades públicas que en la actualidad hay en el territorio catalán.

RED DEL CENTRO DE TELECOMUNICACIONES DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA

La Generalitat de Catalunya, mediante el Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la Informació (CTTI) inició el despliegue de una red de fibra óptica que pudiera vertebrar el territorio. La intención era crear anillos que conectaran las capitales de comarca a través de canalizaciones interurbanas construidas en los ámbitos de carreteras, ferrocarriles, etc.

El objetivo era conectar con cable de fibra óptica alrededor de 5000 edificios singulares, como hospitales, colegios e institutos, bomberos, cuarteles de los Mossos d'Esquadra, juzgados, sedes de la Generalitat y otros organismos que requerían una alta capacidad de datos.

El CTTI ha sido el promotor de la construcción de estos anillos durante los últimos 8 años. En la actualidad el despliegue y conservación de esta red se ha entregado en concesión a Xarxa oberta de Catalunya (XOC) para que complete la conexión de unas 1000 sedes y a Telefónica para que ofrezca servicio al resto de edificios.

Actualmente, la red troncal se extiende para dar servicio a la Generalitat de Catalunya en 105 municipios: 52 entiersas del Ebro y 44 en el resto de Cataluña. Cubre 1040 sedes de la Generalitat de Cataluña: 297 en Tierras del Ebro y 399 en el resto de Cataluña.



Mapa 17: Mapa de cobertura de la red de XOC

La red de fibra principalmente se basa de una red troncal que conecta las 4 provincias de Catalunya, interconectando a su paso los lugares públicos que le interesa a la entidad.

Tal y como hemos dicho, para el despliegue de la red, XOC utiliza infraestructuras propias e infraestructuras existentes de FGC, DPTOP (Departament de Política Territorial i Obres Públiques) (como la C-16 o la C-25) o Carreteras.



Mapa 18: Mapa de la red de XOC en el área metropolitana

La zona donde se concentra la mayor parte de la red de fibra es Barcelona y su área metropolitana, ya que es en esta zona donde hay un mayor número de edificios y entidades públicas.

Mientras que XOC continua construyendo red de fibra óptica, aprovechando infraestructuras y construyendo otras para poder acercarse a los edificios a conectar, Telefónica usa su red de fibra óptica ya existente para prestar los servicios. Al final de la concesión, la red de fibra óptica propiedad de la Generalitat de Catalunya y que conserva XOC volverá al CTTI mientras que los servicios ofrecidos por Telefónica dejarán de prestarse sin que exista una nueva red pública a disposición del ciudadano.

Además XOC aprovecha la red desplegada para la conexión de las sedes para alquilar fibras a otros operadores. Se convierte de este modo en un operador mayorista y neutro que ofrece capacidad a otros operadores.

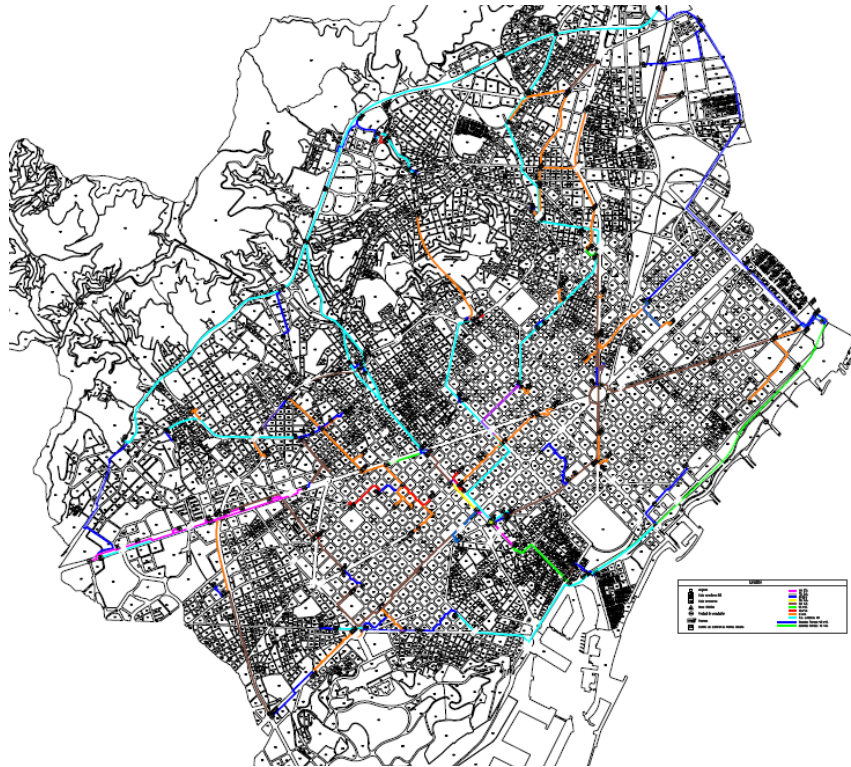
RED DE FIBRA ÓPTICA DEL AYUNTAMIENTO DE BARCELONA

El Ayuntamiento de Barcelona dispone de una amplia red de fibra óptica desplegada a lo largo de los años. Esta red se construyó con la intención de ofrecer los servicios de telecomunicaciones municipales, ofreciendo conexión a las redes informáticas locales de los diversos edificios municipales con los servicios corporativos centrales.

La red está constituida básicamente por cables troncales y los correspondientes tramos de acceso a los edificios o elementos que forman la red corporativa. Parte de la red troncal discurre por el interior de metro y por el interior de las galerías de las rondas. La red de acceso

discurre por canalizaciones de superficie, tanto específicas de telecomunicaciones como de semáforos, alcantarillado o galerías de servicios municipales.

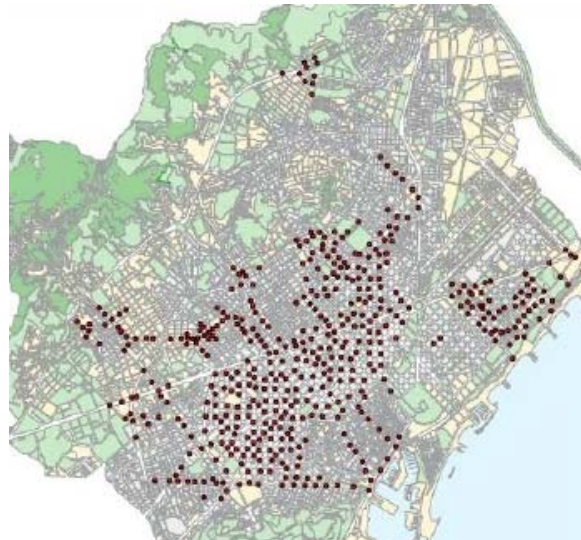
El Instituto Municipal de Informática de Barcelona (IMI) es la institución que se encarga del despliegue y conservación de la red.



Mapa 19: Mapa de la red de fibra del Ayuntamiento de Barcelona (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

En la actualidad, la red está formada por más de 300 km de cable de fibra, 156 edificios conectados (entre los que se encuentran museos, guardia urbana o sedes de distrito entre muchos otros), 2 centro de procesos de datos y 2 centros de gestión de datos.

Además de los edificios conectados, el Ayuntamiento tiene conectada una amplia red WIFI mediante fibra óptica que da servicio WIFI a gran parte de la ciudad.

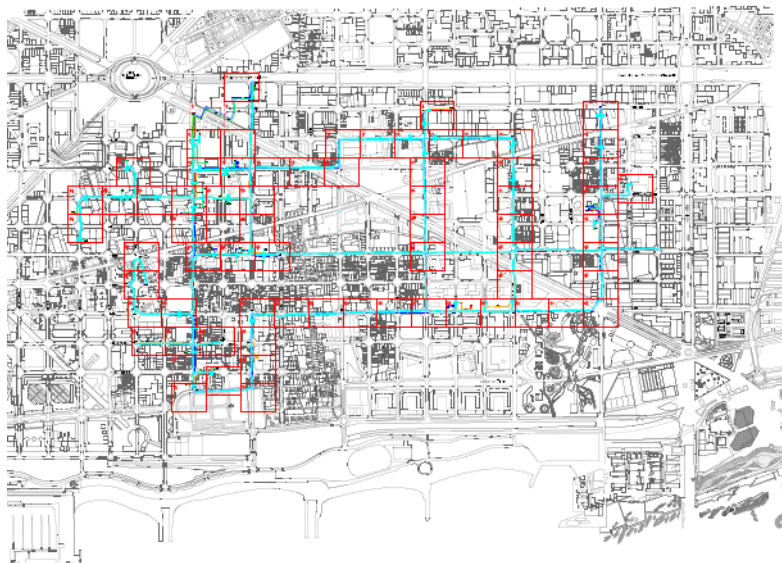


Mapa 20: Puntos WIFI del Ayuntamiento de Barcelona (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

DISTRITO TECNOLÓGICO 22@Barcelona

La red de fibra de 22@ es una red de fibra oscura que permite la contratación de las mismas a los diferentes operadores y la posibilidad de enlaces punto a punto dentro del distrito. Por lo tanto, 22@Barcelona es un operador neutral de fibra oscura.

Esta red dispone de una gran capacidad que permite ofrecer todo tipo de servicios de calidad de telecomunicaciones a las empresas instaladas en el distrito. El diseño de esta red ha respetado que cualquier operador de servicios de telecomunicaciones pueda utilizarlo para poder ofrecer servicios de gran capacidad de telecomunicaciones a las empresas ubicadas en 22@Barcelona.



Mapa 21: Mapa de la red de fibra en la zona 22@ (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Actualmente, los operadores que ofrecen servicios de telecomunicaciones a través de esta red a 22@Barcelona son: Orange, COLT, ONO, Adamo y Jazztel

Cabe destacar que en esta zona, los operadores de telecomunicaciones no tienen la posibilidad de instalar su propia red, sino que están obligados a alquilar fibras a 22@Barcelona para poder dar cobertura a sus clientes en esta zona.

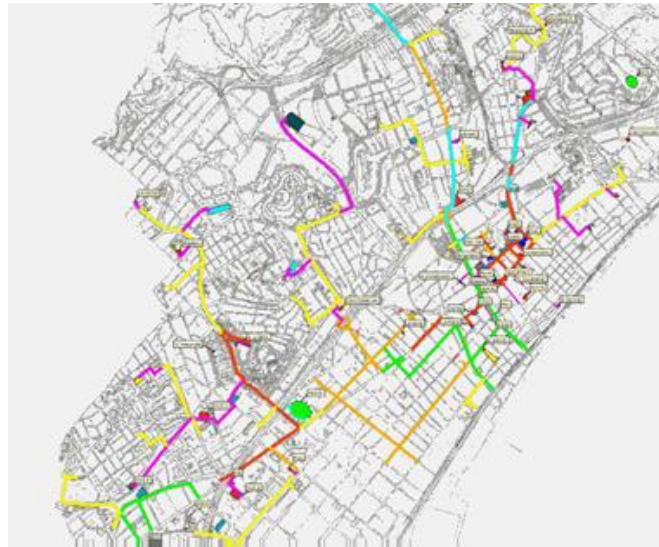
OTROS AYUNTAMIENTOS Y ENTIDADES

Durante los últimos años han sido varios los ayuntamientos que han decidido crear su propia red de fibra. En la mayoría de los casos para sus propias conexiones internas entre sedes, pero en algún que otro caso han hecho una gran inversión en una red de fibra desarrollada y pensada para ser alquilada a los operadores interesados en dar sus servicios a las zonas instaladas.

La inversión necesaria para el despliegue de las redes de fibra es muy grande, por lo que la mayoría de los ayuntamientos, sin el presupuesto necesario para hacer su propio despliegue, optan por esperar a que los operadores, en especial Telefónica, lleguen a sus municipios.

Para el primero de los casos, nos encontramos con diversos ayuntamientos, tales como:

- Ayuntamiento de Sant Vicenç dels Horts: Ha creado su propia red de fibra para conectar el Ayuntamiento con las diferentes sedes municipales.
- Ayuntamiento de Igualada: Ha creado su propia red de fibra para conectar diferentes sedes, tanto públicas como privadas.
- Ayuntamiento de Tarragona: Ha desplegado su red de fibra para la conexión de sus sedes municipales, mejorando el servicio a la ciudadanía y optimizando y ahorrando recursos.
- Ayuntamiento de Badalona: Ha creado su propia red de fibra para mejorar los servicios prestados, reducir el gasto en servicios de telecomunicaciones o facilitar el despliegue de los operadores.



Mapa 22: Mapa de la red municipal de Badalona de fibra óptica (<http://badalona.cat>)

Aunque cada vez son más los Ayuntamientos que están desplegando sus propias redes de fibra óptica, cabe resaltar el caso del Ayuntamiento de Viladecans.

Ayuntamiento Viladecans

El Ayuntamiento de Viladecans ha desarrollado una red de fibra óptica, en concreto FTTH, en algunas zonas de la población, con el fin único de explotar esta red de fibra alquilándola a los operadores.

Esta red tenía como objeto mejorar y ofrecer a los vecinos de la ciudad una alta velocidad de navegación (100 Megas). Para ello, ha llegado a acuerdos de explotación comercial con Orange y Adamo, de momento.

De momento son más de 2.600 hogares los que están conectados a esta red.

Durante el despliegue de la red el Ayuntamiento se vio envuelto en un proceso iniciado por Telefónica ante la CMT, que alegaba que distorsionaba las condiciones de competencia del mercado.

Finalmente la CMT dio la razón al Ayuntamiento, por lo que se crea precedente para que otros ayuntamientos desplieguen sus propias redes de fibra con el fin de explotarlas.

7.2.3 Empresas explotadoras de red de fibra

En este apartado se incluyen al resto de entidades o empresas que utilizan sus infraestructuras para la explotación de su red, mediante el alquiler o venta de parte de ésta a operadores de telecomunicaciones.

En la mayoría de los casos, veremos que por estas infraestructuras también están desplegadas sus redes de fibra propias.

TMB – TRANSPORTES METROPOLITANOS DE BARCELONA

La red de TMB abarca toda la infraestructura existente de metro, utilizando los túneles para su despliegue.

En la actualidad TMB tiene una red troncal que pasa por todas las estaciones de metro.



Mapa 23: Red de transporte de TMB (Fuente: www.TMB.cat)

Esto les permite tener una red propia muy amplia a partir de la cual pueden gestionar sus sistemas internos. A través de la fibra óptica de TMB, se conectan las diferentes estaciones con las centrales, así como los sistemas de seguridad de los trenes, señalización y otros mecanismos muy importantes de la red.

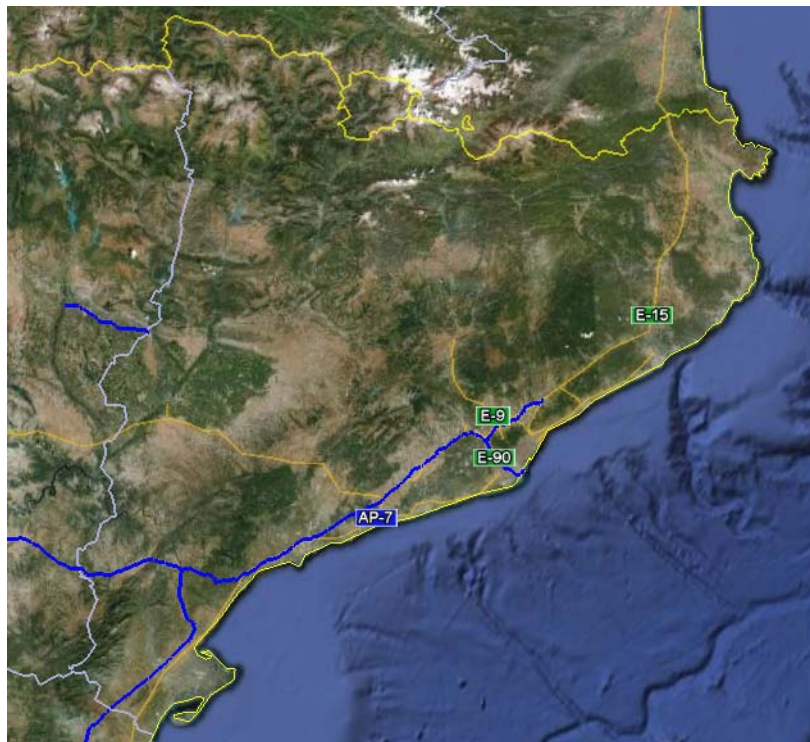
Como ya hemos comentado anteriormente, TMB pone a disposición de los operadores sus infraestructuras mediante el alquiler o venta de los tubos que van a lo largo de toda su red de transporte.

Además, TMB alquila fibras de su red propia a los operadores de telefonía móvil para posibilitar la interconexión de sus antenas instaladas en el interior de túnel o estaciones.

GAS NATURAL FENOSA TELECOM

La fusión en 2009 de dos compañías, Desarrollo del Cable y Unión Fenosa Redes de Telecomunicación (UFINET), da origen a Gas Natural Fenosa Telecomunicaciones (GNF Telecom) que ofrece una amplia gama de soluciones de telecomunicaciones al mercado mayorista.

Además de prestar los servicios requeridos por la compañía para la explotación de sus redes, Gas Natural Fenosa Telecom, como operador de telecomunicaciones, pone a disposición de otros operadores sus infraestructuras y servicios de telecomunicaciones.



Mapa 24: Red de fibra óptica de GNF Telecom (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)

Como se puede observar en el mapa, GNF Telecom ofrece conexión de fibra en la zona de Tarragona y Barcelona. En la actualidad ya se está trabajando en el gasoducto que en el futuro llegará a la frontera con Francia.

FGC – FERROCARRILS DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA

De forma análoga a los que hizo RENFE o TMB, los Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya (FGC) aprovecharon sus infraestructuras ferroviarias para construir red para sus comunicaciones. Las infraestructuras portacables son (principalmente) canalizaciones subterráneas, postes de catenarias y canales de hormigón. El despliegue de cables de comunicaciones se inició con los cables de cobre (pares y cuadretes) e iniciaron en la década de los 90, los despliegues con cable de fibra óptica.

En la actualidad FGC alquila conductos y fibra oscura a distintos operadores a lo largo de las líneas Anoia y Vallès.

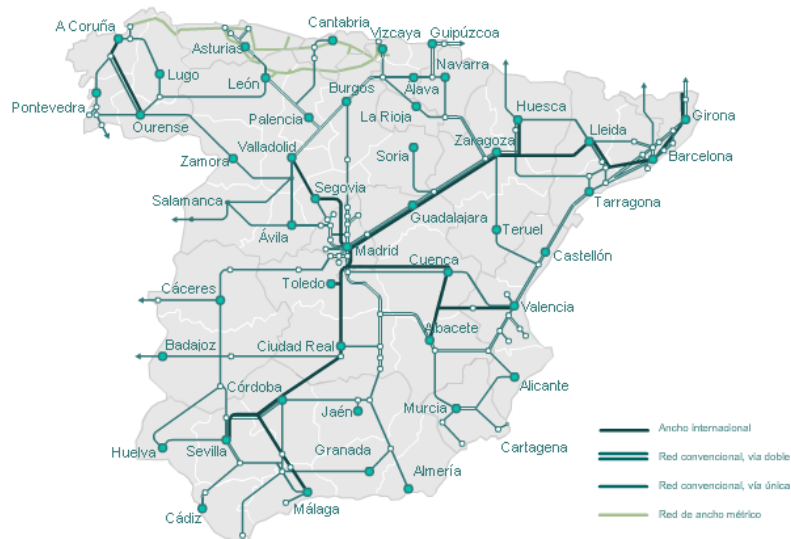
El alquiler de conductos permite a los operadores el tendido de cable mediante blowing. Los registros (arquetas) se sitúan fuera de la servidumbre de FGC para posibilitar la manipulación de cajas de empalme sin necesidad de que FGC intervenga.

El alquiler de fibra oscura comporta crear puntos de interconexión (PDI) en dependencias de FGC. El operador instala su cable de fibra óptica desde el exterior de FGC hasta (normalmente) la cámara de comunicaciones de FGC. FGC instala un cable de comunicaciones desde su repartidor hasta un repartidor frontera en el que se fusionan ambos cables. Este proceso se repite en tantas estaciones o lugares en los que el operador necesite conectar con su propia red.

ADIF – ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS

Uno de los cometidos de Adif es la gestión de su infraestructura de telecomunicaciones, una red de fibra óptica de una longitud del orden de 16.000 kilómetros, que se extiende a lo largo del tendido ferroviario y que enlaza a las principales capitales españolas. En este sentido la entidad pública adscrita al Ministerio de Fomento, además de utilizar su red de fibra óptica para dar soporte a los servicios propios de la explotación ferroviaria, ofrece servicio a los diferentes operadores de telecomunicaciones del sector en nuestro país, como forma de optimizar el excedente de capacidad de su red de fibra óptica y colaborar al desarrollo tecnológico global.

Telecomunicaciones de Adif es el proveedor neutral y gestor integral de Infraestructuras de telecomunicaciones de referencia para operadores en el mercado español.



Mapa 25: Red de transporte de ADIF (Fuente: www.adif.es)

ADIF dispone de una extensa red de Fibra Óptica desplegada sobre la infraestructura ferroviaria que cubre el territorio nacional peninsular y está interconectada con Francia y Portugal: 12.000 Km. de Red Troncal mallada de fibra óptica, 6.600 m2 de espacios técnicos, 155 puntos de presencia, Interconexiones nacionales con todos los operadores y otros proveedores, Interconexiones internacionales con Francia y Portugal y 150 torres de comunicaciones.

Una infraestructura de fibra óptica especializada para dar servicio a los principales núcleos urbanos; Madrid, Barcelona, Valencia y Sevilla (600 Km. en Madrid y Barcelona)

Los clientes del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias son los principales operadores de telecomunicaciones del mercado español: Al-Pi, British Telecom, Cableuropa, Cogent, Colt, Islalink, Jazztel, Orange, Telefónica, Vodafone o VSNL.

Según un informe de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, Adif gestiona el 25% de la capacidad de fibra óptica oscura española

REE – RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

Red Eléctrica cuenta con una amplia red privada de telecomunicaciones, construida desde el 1988 para mejorar las capacidades de gestión de la empresa así como para cubrir las necesidades derivadas de la gestión del transporte de energía eléctrica y de la operación del sistema eléctrico.

Red Eléctrica dispone en la actualidad de una red de fibra óptica de más de 21.300 km de cable y alrededor de 19.000 equipos, para la prestación de servicios de telemando, telecontrol y teleprotección, con una excelente fiabilidad. Se trata de una extensa red troncal, en la que las fibras ópticas se alojan en el interior de los cables de acero que forman parte del tendido eléctrico de alta tensión, lo que le confiere una robustez y seguridad excepcionales.



Mapa 26: Red de fibra de REE (Fuente: REE)

Además de su gran extensión, la red de telecomunicaciones de Red Eléctrica tiene como característica distintiva su estructura mallada, lo que permite establecer sistemas de transmisión resistentes a fallos, con unos excepcionales índices de seguridad y disponibilidad.

Actualmente, los servicios prestados por esta red cubren plenamente tanto las necesidades de Red Eléctrica como los requerimientos del sistema eléctrico, al tiempo que por su gran capacidad permite prestar servicios de telecomunicaciones a terceros, con excelentes índices de disponibilidad.

7.3 Futuro

Según la CMT, el futuro de las redes de fibra óptica apunta hacia la conexión de todos los hogares con fibra, mediante las redes FTTH que permitirá a los usuarios de este tipo de redes conectarse a grandes velocidades, con las que no se puede hacer frente mediante el cobre.

Esto permitirá que se pueda acceder con rapidez a cualquier tipo de aplicación que nos sea de agrado, sin problemas de retardos.

En la siguiente tabla se puede observar una previsión del número de hogares que estarán conectado mediante un acceso FTTH según el operador que le dé el alta.

| Objetivo de despliegues anunciados | | |
|---|--------------------------|--------------|
| Operador | Número de hogares | Plazo |
| Movistar | 9 millones | 2015 |
| Vodafone-Orange | 6 millones | 2017 |
| Jazztel | 3 millones | 2015 |

Tabla 6: Previsión usuarios conectados mediante FTTH (Fuente: www.xataka.com)

Se crearán hogares inteligentes mediante domótica, que serán coordinados mediante redes internas de fibra óptica. Esto permitirá tener el control de todos los servicios necesarios en casa como los referentes a seguridad, limpieza o entretenimiento.

La realización de este tipo de redes, llevará hasta la desaparición de los cables de cobre existente para dar las conexiones telefónicas en las viviendas.

En algunas zonas ya existen conexiones a internet mediante fibra óptica a una velocidad de 100 megas para usuarios particulares, la tecnología de la fibra óptica evolucionará hasta obtener estas velocidades para el resto de los usuarios.

7.4 Otras aplicaciones de la fibra óptica en la construcción

Durante la búsqueda de documentación para realizar el análisis del desarrollo de la fibra óptica en Cataluña, se ha encontrado documentación en la que se habla de la utilización de la fibra óptica en las construcciones civiles en fase de estudio.

Actualmente se utilizan las fibras ópticas para construir elemento de hormigón translucido. Estos hormigones tienen la capacidad de dejar pasar la luz, sin que las formas que se perciben sean reconocibles, y que en caso de no incidir la luz son opacos.

Se empezaron a realizar las pruebas con estos elementos a partir del año 1999, donde un arquitecto estadounidense realizó su primera muestra de hormigón translucido añadiendo pedazos de vidrio y plástico.

No fue hasta 2002 cuando un arquitecto húngaro consiguió obtener hormigón translucido embebiendo fibras ópticas en el hormigón, sin que este menguara su capacidad resistente.



Foto 24 - Imagen de una pared de hormigón translucido (Fuente: Proyecto final de Carrera "Hormigón translucido (M^a Cruz Martínez (UPV))).

En la actualidad estas están en fase de estudio, pero es posible que en el futuro se puedan observar edificios con alguno de sus elementos contruidos con hormigón translucido.

8 Conclusiones

Desde los años 80, en los que se empezaron a construir redes de fibra óptica para dar servicios muy concretos, hasta la actualidad, en que la fibra óptica es requerida por los usuarios finales en sus hogares, ha habido diversas fases o etapas en el desarrollo de las redes en Cataluña.

Las primeras redes de fibra óptica tenían como objetivo conectar las dependencias de las compañías eléctricas, que aprovechando su infraestructura crearon su propia red de comunicación mediante esta tecnología.

Durante los 90, se amplió el despliegue de forma considerable. Inicialmente se crearon redes que permitían la conexión de centros de investigación en los que el flujo de datos era muy elevado.

Fue en esta década cuando los operadores de telecomunicaciones empezaron a construir sus redes de fibra óptica. El despliegue de las redes se inició en la ciudad de Barcelona y su área metropolitana, mediante la utilización de infraestructuras existentes y propias.

Con el paso del tiempo, los operadores tuvieron la necesidad de conectar el resto de capitales de provincia del territorio catalán. No fue hasta inicios de los 2000, cuando se llegó a las tres capitales con fibra óptica.

Se desarrollan en esta década muchas y diversas redes de fibra óptica de los operadores de telecomunicaciones presentes en el territorio catalán. También toman importancia las redes de fibra que tienen como finalidad ser explotadas mediante el alquiler o venta de fibra oscura.

La necesidad de despliegue aumenta de forma masiva, por lo que se preparan infraestructuras existentes para permitir dichos despliegues (alcantarillado o TMB, por ejemplo). También se crean infraestructuras compartidas para todos los operadores (Localret o 22@, por ejemplo).

Actualmente todos los operadores de telecomunicaciones tienen sus propias redes de fibra óptica. El despliegue ha evolucionado de forma rápida en los últimos años y pretende llegar a todos los puntos del territorio. La mayoría de los proyectos que los operadores están ejecutando tienen como finalidad la conexión de los usuarios finales a la red de fibra (FTTH).

Sin duda el futuro es que todas las poblaciones y, en consecuencia, todos sus habitantes tengan conexión mediante fibra óptica en sus hogares. Seguramente, a finales de la presente década, el porcentaje de habitantes conectados se aproximará al 100%.

9 Índice de contenido

DIAGRAMAS

| | |
|--|----|
| Diagrama 1: orden de los elementos que forman el sistema básico de transmisión (Fuente: Eva Aranda)..... | 14 |
| Diagrama 2: Centros conectados en la segunda Anella Científica (fuente: Orange)..... | 57 |

ESQUEMAS

| | |
|---|----|
| Esquema 1: composición interna cable de fibra óptica (Fuente: www.telnet-ri.es) | 15 |
| Esquema 2: Transmisión en fibra monomodo y multimodo (Fuente: Cables y componentes para comunicaciones S.L.) | 16 |
| Esquema 3: Esquema construcción cable con protección ajustada (Fuente: http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra y Cables y componentes para comunicaciones S.L.) | 19 |
| Esquema 4: Esquema construcción cable con protección holgada (Fuente: http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra y Cables y componentes para comunicaciones S.L.) | 20 |
| Esquema 5: Esquema de cable autoportado – Cable Autoportado con cablete de acero (Fuente: Cables y componentes para comunicaciones S.L.)..... | 22 |
| Esquema 6: tipos de pulidos existentes (Fuente: www.fibraopticahoy.es)..... | 24 |
| Esquema 7: Ejemplos de canalización convencional en Calzada y en Acera (Fuente: CTTI) | 31 |
| Esquema 8: Esquema de posible colocación de microductos en el interior de la microrasa (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)..... | 39 |
| Esquema 9: Esquema de instalación de cable de fibra óptica por postes (Fuente: www.c3comunicaciones.es) | 48 |
| Esquema 10: Composición de cables de fibra submarinos (Fuente: www.slideshare.net) | 51 |

ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Estructura de cables monofibra, bifibra y multifibra (Fuente: www.fibercom.es) | 21 |
|---|----|

Il·lustración 2: Microcable de fibra óptica instalada en microductos (fuente: www.cematic.es) . 21

Il·lustración 3: estructura interna cable híbrido (fuente: www.directindustry.es)..... 22

Il·lustración 4: Esquema del tendido de cable mediante blowing (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.) 38

Il·lustración 5: Ejemplo de tipología de realización de canalización realizada paralelamente a la canalización de Gas (Fuente: Gas Natural)..... 45

Il·lustración 6: Instalación de cables submarinos transoceánicos (Fuente: www.enterate.unam.mx) 51

MAPAS

Mapa 1: Mapamundi donde se pueden observar las redes submarinas entre distintos países (Fuente: www.telegeography.com) 52

Mapa 2: Enlaces submarinos en la península Ibérica (Fuente: www.telegeography.com) 52

Mapa 3: Visión de las redes submarinas actuales (fuente: www.telegeography.com/) 53

Mapa 4: Mapa de las líneas de REE (fuente: Red Eléctrica de España)..... 54

Mapa 5: Municipios donde se ubicaban los primeros centros de la Anella Científica (fuente: Eva Aranda)..... 56

Mapa 6: Infraestructura de TMB sobre la que se despliega la red de fibra óptica (Fuente: TMB) 58

Mapa 7: Línea de FGC Barcelona- Terrassa – Sabadell (Fuente: Eva Aranda) 61

Mapa 8: Ampliación de la Red de Al-pi aprovechando la línea ADIF para la conexión de las capitales de provincia en 2002 (Fuente: Orange)..... 61

Mapa 9: Red de fibra óptica desplegada por REE en 2004 (Fuente: REE) 62

Mapa 10: Red de canalizaciones de la zona 22@ (Fuente: www.22barcelona.com)..... 64

Mapa 11: Red de fibra RedIRIS-NOVA (Fuente: Orange)..... 65

Mapa 12: Red de Orange en Catalunya (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.) 66

Mapa 13: Red de Orange en Área Metropolitana (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.) 67

Mapa 14: Red LDN de COLT (Fuente: www.colt.net)..... 68

Mapa 15: Red Metropolitana de COLT (Fuente: www.colt.net) 69

| | |
|---|----|
| Mapa 16: Arquitectura de la Red de ONO..... | 71 |
| Mapa 17: Mapa de cobertura de la red de XOC..... | 73 |
| Mapa 18: Mapa de la red de XOC en el área metropolitana..... | 74 |
| Mapa 19: Mapa de la red de fibra del Ayuntamiento de Barcelona (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.)..... | 75 |
| Mapa 20: Puntos WIFI del Ayuntamiento de Barcelona (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.) | 76 |
| Mapa 21: Mapa de la red de fibra en la zona 22@ (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.) | 76 |
| Mapa 22: Mapa de la red municipal de Badalona de fibra óptica (http://badalona.cat) | 78 |
| Mapa 23: Red de transporte de TMB (Fuente: www.TMB.cat) | 79 |
| Mapa 24: Red de fibra óptica de GNF Telecom (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.) | 80 |
| Mapa 25: Red de transporte de ADIF (Fuente: www.adif.es)..... | 82 |
| Mapa 26: Red de fibra de REE (Fuente: REE)..... | 83 |

TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Tipos de fibra óptica Monomodo (Fuente: Cables y componentes para comunicaciones S.L.)..... | 16 |
| Tabla 2: Tipo de fibra en función de la longitud del canal Ethernet. (Fuente: Cables y componentes para comunicaciones S.L.) | 17 |
| Tabla 3: Tabla tipo de código de colores de cable (Fuente: Fibra y Sistemas S.L.) | 19 |
| Tabla 4: Evolución del despliegue de fibra óptica de Telefónica de España (fuente. Doctorado la política del cable en Cataluña (Ricardo Ruiz (UOC))) | 58 |
| Tabla 5: Infraestructuras y fibras utilizadas para la conexión de las capitales de provincia (Fuente: Orange). | 62 |
| Tabla 6: Previsión usuarios conectados mediante FTTH (Fuente: www.xataka.com) | 84 |

10 Bibliografía

Empresas o entidades con las que se han realizado entrevistas, con personal especializado en la materia:

- Fibra y Sistemas S.L.
- Orange
- Red Eléctrica de España
- COLT Telecom
- Ayuntamiento de Barcelona
- Xarxa Oberta de Catalunya
- Transports Metropolitans de Barcelona (TMB)

Libros:

- Chomycz, Bob, Instalaciones de Fibra Óptica. Fundamentos, técnicas y aplicaciones. (Macgraw-hill)
- Pamies Guerrero, Jose A. y López Espí, Pablo Luís, Fundamentos y tecnologías de las comunicaciones por fibra óptica (Universidad de Alcalá).

Páginas web de empresas relacionadas:

- <http://www.colt.net/es/>
- www.clabsa.es
- <http://www.telnet-ri.es/>
- Comisión del mercado de las Telecomunicaciones (CMT) www.cmt.es
- <http://www.telegeography.com/>
- <http://www.jazztelaccesible.com/>
- <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>
- Cables y componentes para comunicaciones S.L.

- <http://fibropticalplus.wordpress.com/>
- www.fibercom.es
- www.cematic.es
- www.directindustry.es
- www.adif.es
- www.22barcelona.com
- www.ono.com
- www.xarxaoberta.cat
- www.ree.es
- ww.slideshare.net
- <http://www.c3comunicaciones.es/cables-para-tendido-aereo/>